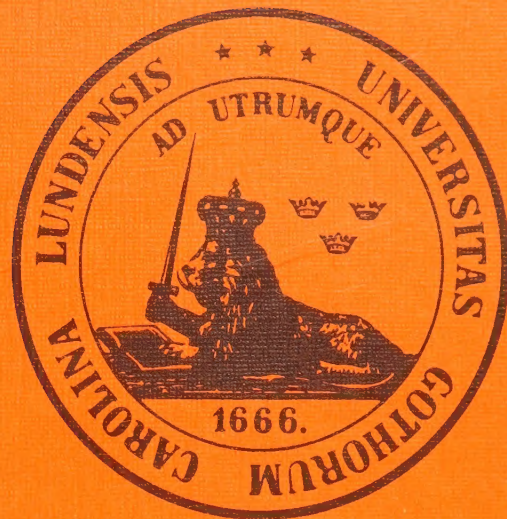




GENERERING AV VERKTYGSBANOR FÖR NC-SVARVAR PÅ ETT INTERAKTIVT GRAFISKT MINIDATORSYSTEM

Dan Johannesson

Institutionen för mekanisk teknologi och verktygsmaskiner
Lunds Tekniska Högskola
1979



GENERERING AV VERKTYGSBANOR FÖR NC-SVARVAR PÅ ETT INTERAKTIVT GRAFISKT MINIDATORSYSTEM

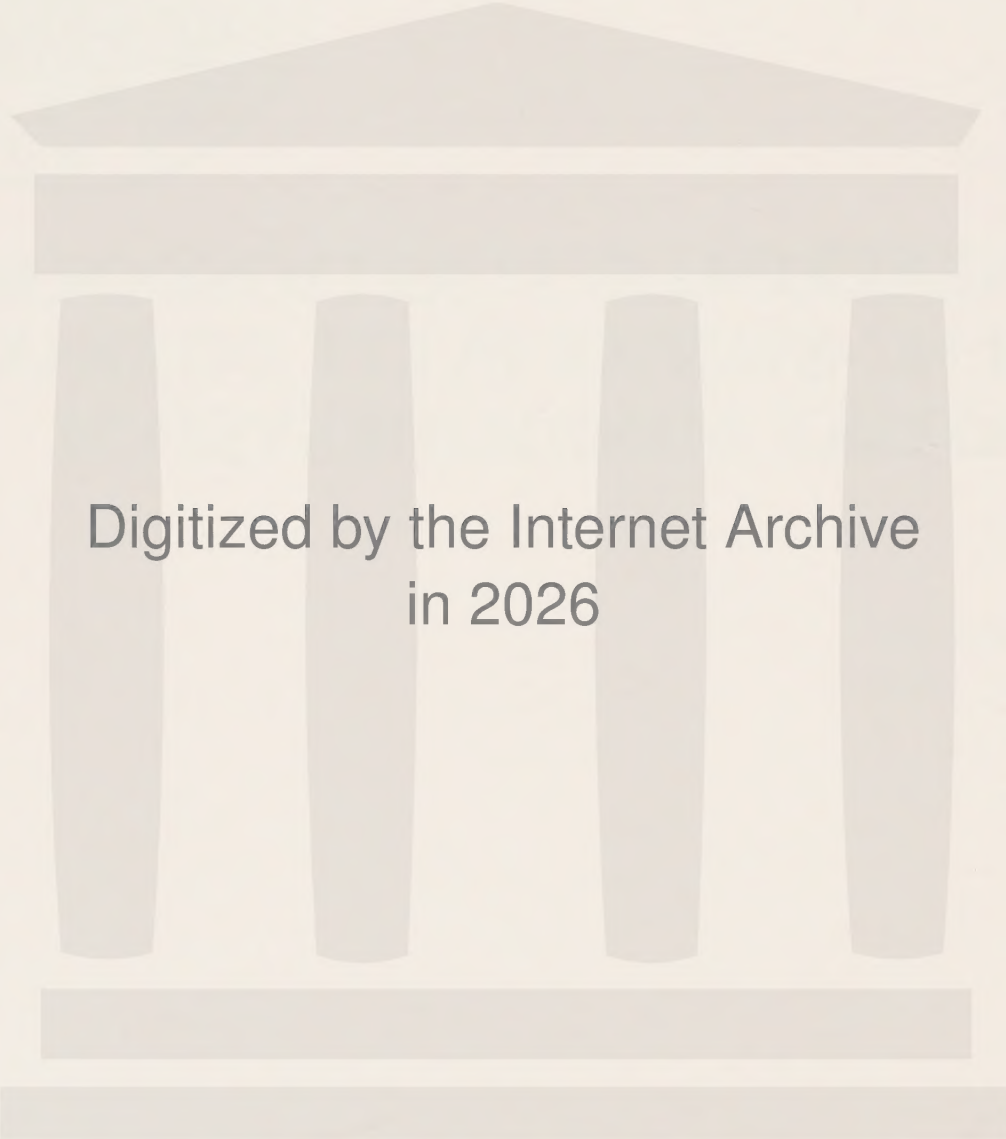
Av

DAN JOHANNESSON

Civ ing Malmö

AKADEMISK AVHANDLING

som för avläggande av teknisk doktorsexamen vid tekniska fakulteten vid universitet i Lund kommer att offentligen försvaras å hörsal M:B, Maskinteknik, Ole Römers v. 1, Lund, lördagen den 26 maj 1979 kl 9.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553413_0006

GENERERING AV VERKTYGSBANOR FÖR NC-SVARVAR PÅ ETT INTERAKTIVT GRAFISKT MINIDATORSYSTEM

Dan Johannesson



FÖRORD.

Denna avhandling vänder sig till produktionstekniker och forskare, som liksom jag, intresserar sig för NC-teknik och databehandling samt vidare är intresserade av man - maskinkommunikation.

Detta arbete, som bedrivits vid institutionen för mekanisk teknologi och verktygsmaskiner vid Lunds Tekniska Högskola och som här redovisas, har under en följd av år givit mig en stimulerande sysselsättning och många kontakter med personer och företag.

Jag vill därför tacka organisationer och personer som gjort det möjligt för mig att utföra detta arbete.

Kockums Varv AB vill jag tacka för dess villighet att agera studieobjekt och för dess åtaganden gentemot institutionen. Enskilda personer vid Kockums Varv AB innefattas i detta tack.

Styrelsen för Teknisk Utveckling vill jag tacka för dess ekonomiska stöd till utredningsverksamheten hos Kockums Varv AB och till datautrustning till institutionen.

Den person, med vilken jag haft de mest omfattande diskussionerna och det närmsta samarbetet, är civilingenjör Sven Åke Eriksson, Kockums Varv AB. Hans insatser kan ej högt nog värderas.

Ett speciellt tack vill jag också framföra till handledaren för arbetet, professor Gunnar Kullberg, för hans vägledning i tekniska frågor och hans personliga stöd.

Som så ofta händer har arbetet slutförts under stark tidspress. Jag ber därför om överseende för att många personer i min omedelbara omgivning ej fått den uppmärksamhet som de är förtjänade av.

Lund i maj 1979

Dan Johannesson

"This page left blank intentionally."

CADDS3 Database Reference Manual
Computervision Corporation

INNEHÅLLSFÖRTECKNING.

	sid
1 INLEDNING.	1
2 BAKGRUND.	2
3 ALTERNATIVA SYNSÄTT OCH OPERATIONSBEREDNINGSMETODER.	9
3.1 Styrsystem.	9
3.2 Manuell operationsberedning.	10
3.3 Automatisk operationsberedning.	12
4 OPERATIONSBEREDNINGSSYSTEMETS UPPBYGGNAD.	20
4.1 Ursprung.	20
4.2 Hårdvarukonfiguration.	20
4.3 Grundprogramvara.	22
4.4 Egenutvecklade programmoduler.	25
4.5 Postprocessorer.	26
5 VERKTYGSBESKRIVNINGAR.	28
5.1 Grundprogramvarans begränsningar och möjligheter.	28
5.2 Svarvverktyg i den modifierade programvaran.	29
5.3 Utvidgad verktygsbeskrivning.	32
6 OPERATIONSBEREDNINGSSYSTEMETS TEKNOLOGINIVÅ OCH AUTOMATISERINGSGRAD.	33
6.1 Synsätt på teknologinivå och automatiseringsgrad.	33
6.2 Geometriskt arbetsområde	33
6.3 Grovsvarvningsprocedurerna.	35
6.4 Finsvarvningsprocedurerna.	38
6.5 Skärdataval.	38
7 KOLLISIONSTESTER.	43
8 OPERATIONSBEREDNINGSSYSTEMETS UTVECKLINGSBARHET.	45
8.1 Svarvningsoperationer.	45
8.2 Icke svarvningsoperationer.	47
8.3 Avslutande diskussion.	47
APPENDIX	
ORDFÖRKLARINGAR.	49
SUMMARY IN ENGLISH.	51
LITTERATURFÖRTECKNING.	54
DOKUMENTDATABLAD.	58

1 INLEDNING.

NC-operationsberedning för svarvning har traditionellt antingen lösts med manuella metoder eller med krävande stordatorlösningar. Ny teknik och användning av mindre datorer för skilda tillämpningar har öppnat ekonomiska möjligheter till bruk av interaktiva grafiska minidatorsystem för denna uppgift.

Detta arbete beskriver vilka modifieringar och utvidgningar som gjorts i ett existerande, kommersiellt marknadsfört interaktivt grafiskt minidatorsystem för att öka systemets teknologinivå, automatiseringsgrad och användarevänlighet vid operationsberedning för svarvning, vilken arbetsmetodik som bör användas samt vilka effekter programmodifikationerna och arbetsmetodiken förväntas ha.

Det modifierade systemet har utvecklats i samarbete mellan civilingenjör Sven Åke Eriksson, Kockums Varv AB, och författaren för att anvisa en väg till effektivisering av NC-operationsberedningen för svarvning vid legotillverkning i små, ej återkommande, serier. Eriksson har därvid svarat för metodiken för och programvaran bakom geometri-beskrivning av arbetsstycken. Geometri-beskrivningen redovisar Eriksson i separat avhandling varför detta arbete avgränsas till verktygsbanegenerering för NC-svarvningsoperationer.

Den produktion, för vilken systemet skall användas, avses i första hand vara enstycks- eller småserieproduktion där detaljerna är uppbyggda av enkla formelement, huvudsakligen linjer och cirkelbågar.

Arbetet är genomfört dels genom egen utrednings- och programmeringsverksamhet dels med hjälp av examensarbetare vid Lunds Tekniska Högskola.

2 BAKGRUND.

Övergång från manuellt styrda verktygsmaskiner till numerisk styrda (NC-) verktygsmaskiner innebär traditionellt sett stora förändringar i verkstadsorganisationen.

Från en situation, där maskinoperatörer tämligen självständigt styr sin verksamhet och där maskinoperatörernas bearbetningsskicklighet kan värderas, övergår man till en annan situation, där bearbetningscyklerna till största delen är låsta. Maskinoperatörerna är berövade möjligheten till att påverka bearbetningsförloppet. Deras arbete blir mera av övervaknings- och servicekaraktär.

Svårigheter med att bibehålla tillverkningsansvaret hos maskinoperatörerna uppstår ty med NC-verktygsmaskiner är tre instanser inkopplade för tillverkningen: NC-operationsberedningen, verktygsförinställningen och verktygsmaskinoperatörerna. Ett fullgott resultat från första detalj i en serie förutsätter att samtliga instanser utför sina arbeten perfekt och att dokumentationen för arbetet är god.

Genom att flera funktionellt skilda men av varandra beroende insatser krävs, tenderar ledtiden för tillverkningen att öka jämfört med manuellt styrd tillverkning. Förutsättningarna för att då arbeta med kundorderstyrd tillverkning och legotillverkning påverkas ogynnsamt av detta.

I många fall är det ej nödvändigt att använda en maskinoperatör per verktygsmaskin utan en maskinoperatör kan användas för flera verktygsmaskiner. I takt med utveckling av laddningsutrustning för arbetsstycken till verktygsmaskinerna skapas förutsättningar för produktion med begränsad bemanning.

Genom införandet av NC-verktygsmaskiner tas bearbetningsteknisk skicklighet hos operatörerna ej tillvara i samma utsträckning som vid konventionell bearbetning. Den erfarenhet, som operatörerna bygger upp vid NC-verktygsmaskinerna, kommer ej heller operationsberedningsfunktionen automatiskt tillgodo.

Trots att operatörerna betjänar väsentligt dyrare och mera komplicerade, numeriskt styrda verktygsmaskiner än motsvarande manuellt styrda verktygsmaskiner, kan arbetsinnehållet bli lågt för operatörerna vid dessa maskiner. Rekryteringen av operatörer till NC-maskinerna kan påverkas ogynnsamt härav. Personalomsättningen blir hög.

När Kockums Varv AB, dåvarande Kockums Mekaniska Verkstad AB, år 1973 beslöt om inköp av sex NC-verktygsmaskiner med Kongsbergs CNC-styrssystem

- en Dörries karusellsvärv, vilken år 1977 kompletterades med en systemmaskin
- en Max Müller snedbäddsvärv av supporttyp
- en Heyligenstaedt axelsvärv
- en Caser koordinatbormaskin av portaltyp
- ett Schiess-Froriep borrar- och fräsverk av horisontaltyp

för leverans under åren 1974 - 1975 förutsågs de ovan angivna nackdelarna.

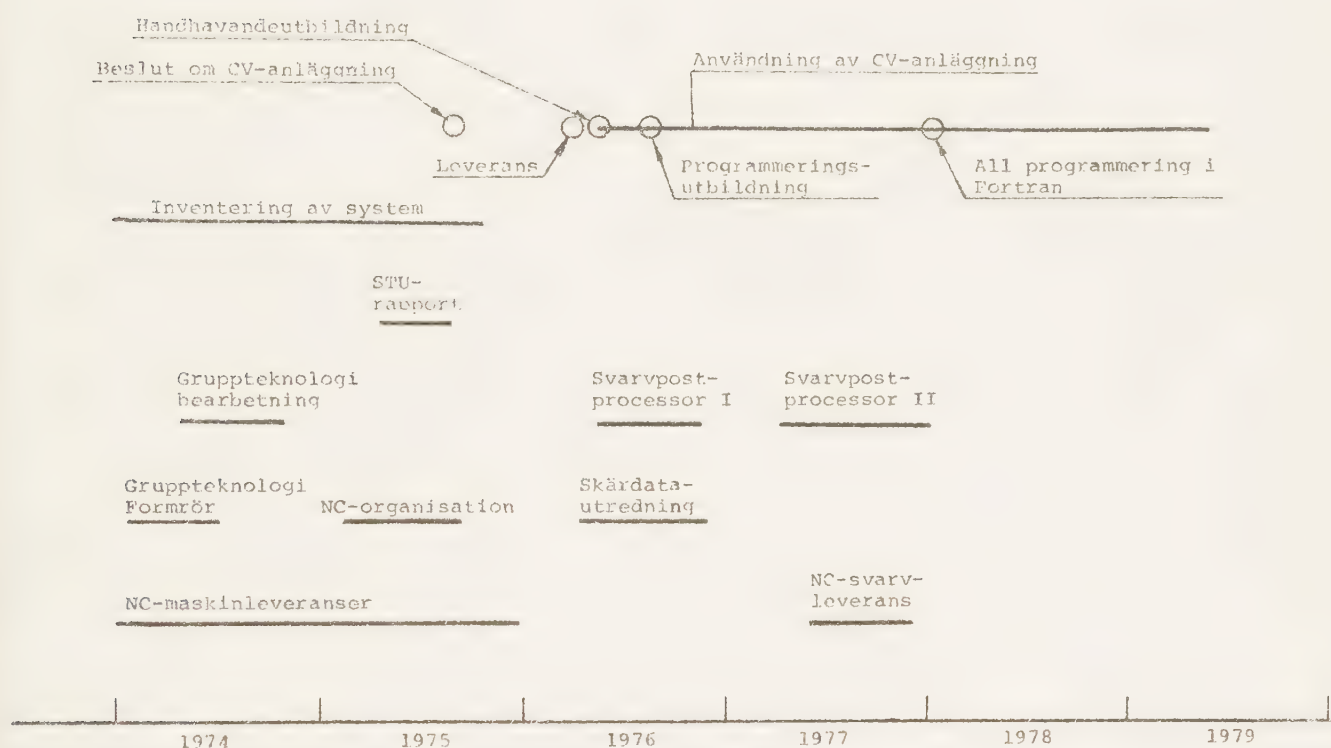
En utredningsverksamhet startades då från Kockums Varv AB (9), i vilken institutionen för mekanisk teknologi och verktygsmaskiner vid Lunds Tekniska Högskola engagerades. Denna verksamhet stöddes av Styrelsen för Teknisk Utveckling (STU), behovsområdet för produktions teknik, genom anslag. De olika momenten i utredningsverksamheten redovisas i figur 2.1.

Under tredje kvartalet år 1975 hade den tidigare verk-

samheten lett fram till en idé, vilken kan formuleras:

"Sök utrusta NC-verktygsmaskinoperatörerna med sådana hjälpmedel att de självständigt kan utföra operationsberedning för de maskiner som de personligen handhar".

Tankegångarna härom redovisade vi utåt under år 1976 (19).



Figur 2.1 Utredningsverksamhet i tidsschema.

Målsättningen för detta arbete är därmed annorlunda än den som beskrivits av t.ex. Fröjel (11):

"Här finns det egentligen två skolor

- systemet skall hjälpa den yrkesskickliga personalen att producera mera d.v.s. vara ett rent rationaliseringshjälpmedel som tar över det rutinmässiga arbetet
- systemet skall göra att mindre yrkesskicklig personal skall kunna göra samma arbete som den yrkesskickliga

Det är det första målet man bör sträva mot av många skäl."

Vårt synsätt skiljer sig från ovan närmast i att Fröjel betraktar operationsberedningen som en separerad funktion medan vi ser operationsberedningen samordnad med tillverkningen som ett sätt att tillvarata verktygsmaskinoperatörernas yrkesskicklighet, återge dem tillverkningsansvar samt öka arbetsinnehållet och därmed arbetstillfredställelsen för dem.

Försök med att låta NC-verktygsmaskinoperatörer sköta programmeringen av sina maskiner har redovisats i några fall, bl. a. hos LM Ericsson (32):

"På en avdelning har maskinskötaren fått utbildning att själv programmera datautrustningen. Nu sköter han både de traditionella arbetsuppgifterna och programmeringen av gnistbearbetningsmaskinens datautrustning".

Styrsystem för enkla fräsmaskiner har även konstruerats med tanke på enkel programmering för operatörer. Exempel härpå är Elektronlunds MDI-4-styrsystem.

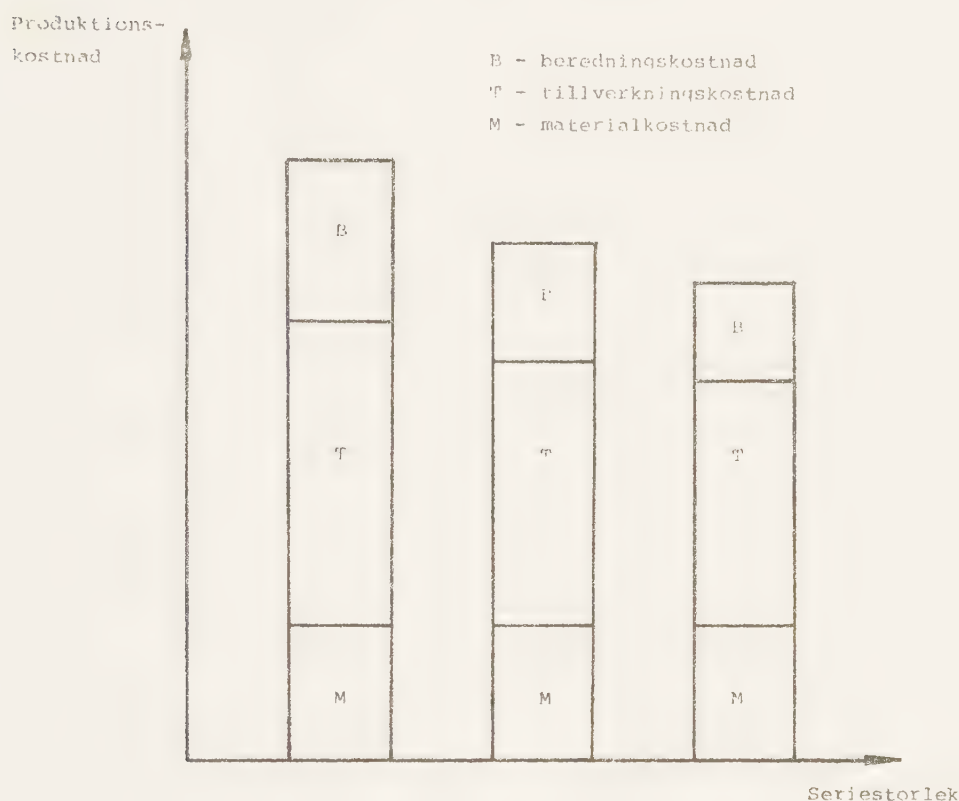
Det medel, som fordrades för ett förverkligande av idén för operationsberedning, bedömdes vara ett interaktivt grafiskt minidatordaserat operationsberedningssystem i vilket modifieringar av programvaran kunde göras.

Marknaden inventerades, en kravspecifikation sammanställdes och olika programvaror och utrustningar värderades. Det lämpligaste valet ansåg vi vara en anläggning från Computervision Corporation, vilken inköptes och leveransgodkändes under våren 1976.

Svarvning var den lämpligaste operationstypen att arbeta med eftersom svarvning kan behandlas som ett rent tvådimensionellt problem och därför är fullt geometriskt representerbart på en grafisk bildskärm. Även 2 1/2 - axlig bearbetning, såsom t.ex. borrar, fickfräsning och profilfräsning, är möjlig att lösa med samma ansats som använts för svarvning. Genom att de geometriska formerna vid dessa operationerna är mindre standardiserade fordras ett större utvecklingsarbete och effektiviseringen blir mindre. Mera, geometriskt sett, komplicerad bearbetning anser vi böra angripas med i högre grad analytiska metoder än de i fortsättningen redovisade.

Under senare hälften av år 1976 påbörjades utvecklingen av geometridefinieringsdelen av programpaketet (9), postprocessorer samt verktygsvägsgerereringsprogram med inriktning på svarvningsoperationer.

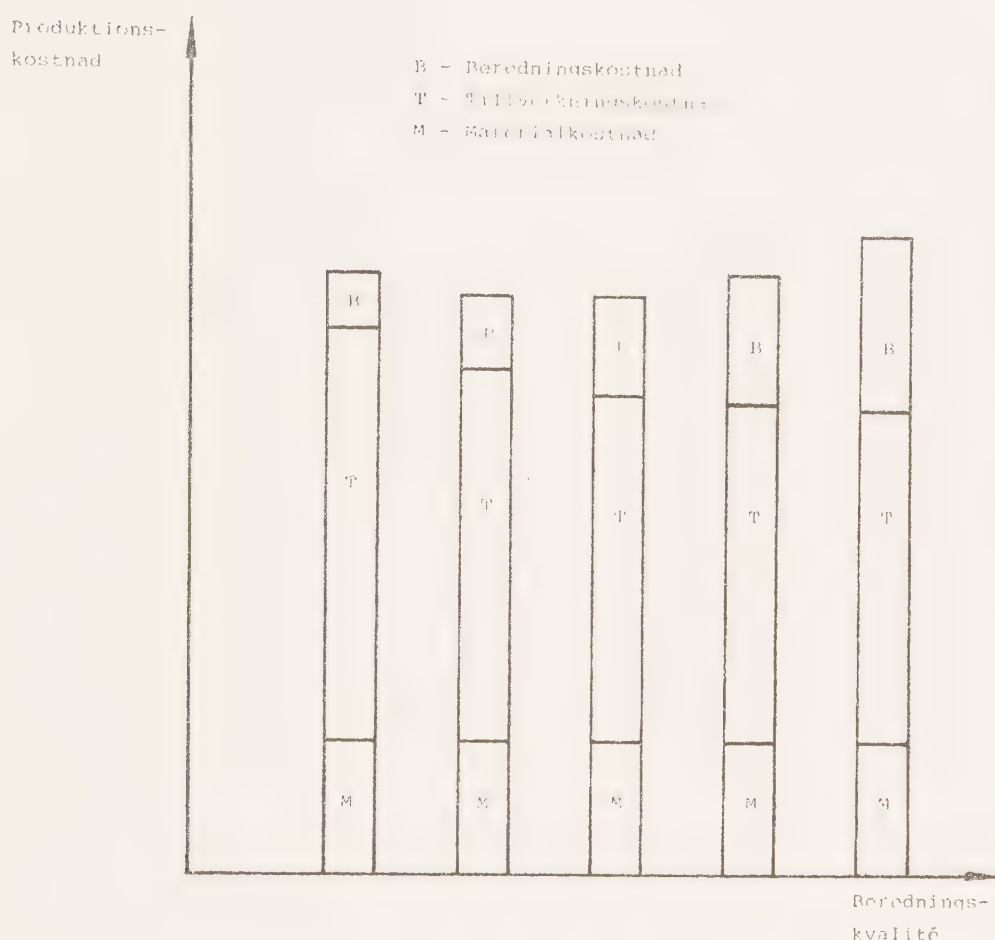
Vid tillverkning i stora serier kan totalkostnaden för varje detalj påverkas gynnsamt genom användandet av avancerade beredningsmetoder. Beredningskostnaderna för serien ökar ofta men utslaget på varje detalj kompenseras ökningen av en motsvarande minskning av de detaljbundna tillverkningskostnaderna.



Figur 2.2 Optimal produktionskostnad kontra seriestorlek.

Operationsberedningssystemens användning och förfining påverkas samtidigt av relationsutvecklingen mellan å ena sidan personalkostnader och å andra sidan kostnader för köp eller hyra av operationsberedningshjälpmedel. Den nuvarande relativa ökningen av personalkostnader medför att effektiviserande hjälpmedel blir allt mera ekonomiska. Bland andra har Opitz (26) undersökt dessa effekter.

Detaljer, vilka tillverkas i små serier, belastas normalt av höga tillverkningskostnader genom ställkostnader och ej optimerade bearbetningar. Beredningskostnaderna för serierna hålles låga för att utslagna på varje detalj i serierna ej ge upphov till stora kostnadspålägg. En förfining av beredningsmetoder för att optimera tillverkningen kan medföra att beredningskostnaderna ökar mer än tillverkningskostnaderna minskar.



Figur 2.3 Produktionskostnad kontra beredningskvalité.

Således är det viktigt att operationsberedningen anpassas mot en tillverkningsenhets seriestorlekar och inriktning.

3 ALTERNATIVA SYNSÄTT OCH OPERATIONSBEREDNINGSMETODER.

3.1 Styrsystem.

Utveckling av styrsystem för NC-svarvar sker i två olika riktningar.

- Det utvecklas allt mera avancerade styrsystem med programredigeringsmöjligheter, fasta och programmeringsbara cykler, delfprogram av subrutinskaraktär, programmering av konstant skärhastighet, villkorliga instruktioner m.m. Det är användandet av minidatorer och mikrodatorer som logikenheter i styrsystemen som möjliggjort denna utveckling. Denna är den mera dominerande riktningen, vilken möjliggör en allt effektivare manuell operationsberedning antingen via manuell hållremsstansning eller via manuell datainmatning direkt i styrsystemen (18). En mycket trolig vidare utveckling av denna inriktning är införandet av adaptivitet hos styrsystemen för skärkrafter, effektuttag, utböjningar hos arbetsstycken och verktyg samt verktygsförslitningar. En dylik utveckling leder till en förenklad beredning av både geometridata och teknologidata jämfört med det arbete som nu krävs för att arbeta fram informationen.

Ett ytterligare skäl till adaptivitet hos styrsystemen framhålles av Lumsden (21):

"Den adaptiva styrningen av verktygsmaskiner är betydelsefull för den datorintegrerade produktionsstyrningen" - "på grund av att produktionssystemets styrbarhet härvid förbättras genom att den adaptiva styrningen av verktygsmaskiner sänker systemets komplexitet".

Det är ej troligt att man kommer att utrusta styrsystemen med processorer för s.k. automatisk operationsberedning. Kostnadsskäl talar häremot.

- Styrsystem, vilka konstrueras med tanke på att användas tillsammans med automatiska beredningssystem, kan tillverkas och säljas till lägre kostnad genom att de kräver mindre intelligens och därmed färre komponenter och mindre utvecklingsarbete. Denna styrsystemtyp blir troligen allt vanligare i takt med att flera verktygsmaskiner bygges samman med hanteringsutrustning för arbetsstycken till tillverkningsceller med central DNC-styrning (DNC - Direct Numerical Control).

Man kan således studera två olika trender för styrsystem för NC-svarvar - en som leder mot minstat behov av beredningshjälpmedel och en som leder mot ökat behov.

3.2 Manuell operationsberedning.

I den svenska verkstadsindustrin, där den största delen NC-verktygsmaskiner placerats hos små och medelstora företag, är helt manuell NC-operationsberedning fortfarande helt förhärskande. Liknande förhållanden föreligger även i utländsk industri (5).

Brytpunkter på verktygsbanan, matningar, spindelvarvtal m.m. beräknas utan avancerade beräkningshjälpmedel ur arbetsstyckets geometri och bearbetningsdatablad. Bearbetningsprogrammet stansas sedan med hjälp av manuellt styrda hålremsstansar, typ Flexowriter, där även bearbetningsprogrammen efter testbearbetningar korrigeras genom ett kopieringsförfarande. Behandlingen av koncept för bearbetningsprogrammet fram till verktygsmaskinens styrinterinformation är tämligen omständlig och tidskrävande. Resultatet och tidsåtgången är mycket kraftigt beroende på den enskilde beredarens yrkesskicklighet.

11.

Ett första steg mot att underlätta behandlingen av programkoncepten och programändringstjänsten är att utnyttja datorbaserade textbehandlingssystem (text editorer). Manuell stansning av hålremsor bortfaller därmed och korrigering av bearbetningsprogram sker snabbare. Härigenom har dock ej någon hjälp erhållits för beräkning av verktygsbanor eller bearbetningsdata. Ej heller har dokumentationen för maskinoperatörerna eller för beredarens framtida behov förbättrats.

Skälen till att ej avancerade datoriserade operationsberedningshjälpmedel har tagits i större användning har av Spur (29) sammanfattats:

- "-There is a shortage of suitable access possibilities to efficient computers.
- Due to insufficient flexibility in the programmes, which are usually run in batches, the possibilities for the use of alternative planning procedures are limited.
- Recent developments in hardware for alphanumerical and graphical data in- and output and the possibilities of programme dialogue cannot be utilized".

Ytterligare skäl har anförts av Fröjel (11):

- "-Beredningssystemen skall kunna anpassas till företagets tekniska nivå (kunskaper, underlag)

Detta innebär att de teknologiska besluten i programmet skall kunna anpassas så att de blir minst lika bra som om de gjorts manuellt. Att införa ett beredningssystem får absolut ej medföra att den tekniska nivån sänks på företaget. Detta leder även till kravet att den teknologiska nivån i beredningssystemet skall kunna hänga med i utvecklingen av den teknologiska nivån inom ett företag".

Konklusionen av Frøjels resonemang är att de existerande systemen saknar enkla ändringsmöjligheter för teknologi-beslutsfunktioner och beräkningsalgoritmer. Vidare måste användarna investera i personal, som ej endast är förtrogna med användareytan av beredningssystemen utan även i dess inre struktur. Få företag synes fram till denna tidpunkt ha haft denna investeringsvilja. Man har istället förlitat sig på manuell operationsberedning.

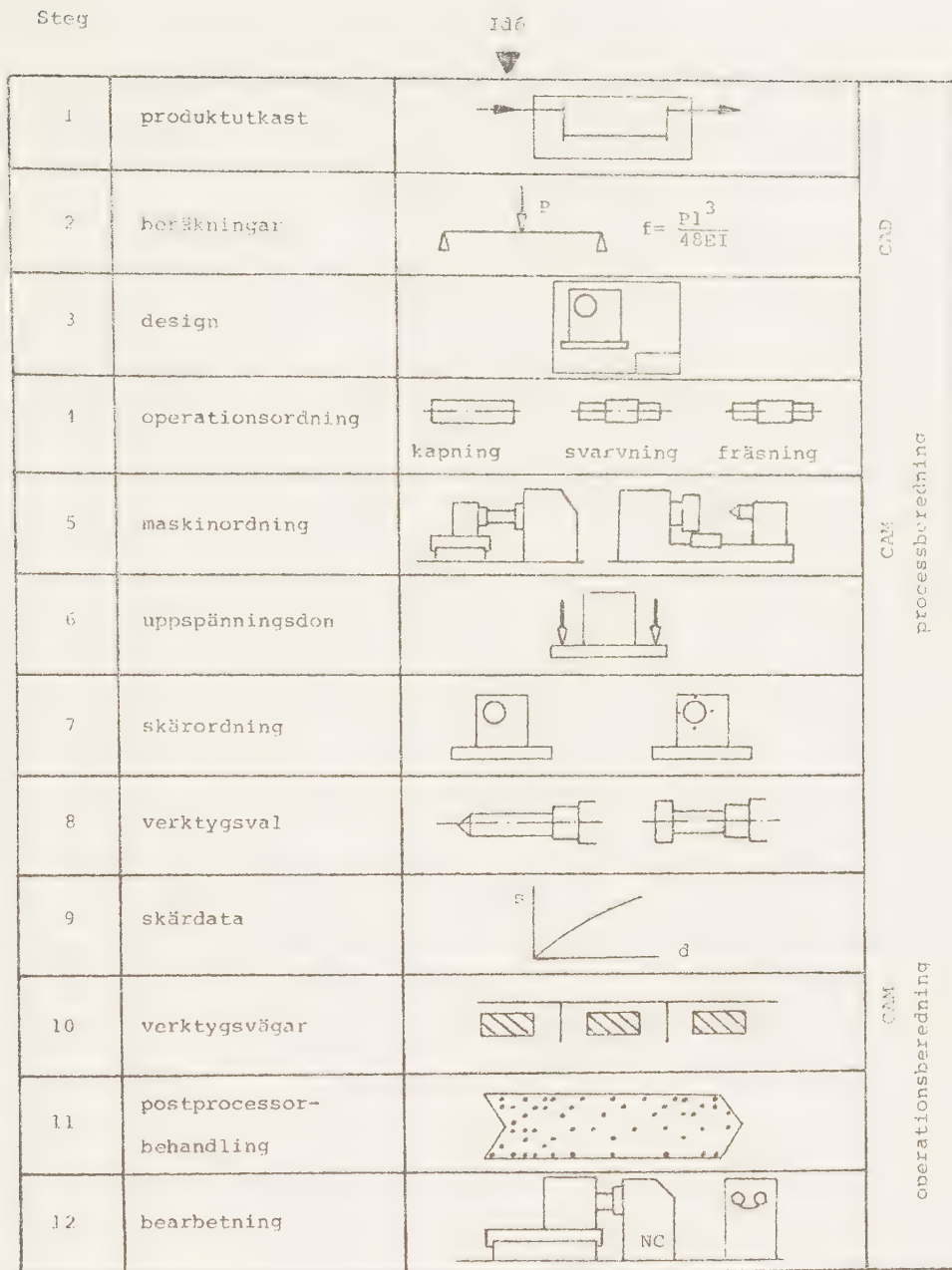
3.3 Automatisk operationsberedning.

Ett mycket stort antal operationsberedningssystem har skapats med varierande tillämpningar och ambitionsnivåer. Dessa, ofta kallade automatiska, system kan betraktas med avseende på ett flertal egenskaper - geometrisynsätt, generalitet, automatik, teknologinivå, interaktivitetsnivå m.m.

Kjaergaard - Nissen har indelat produktionsprocessen i steg, vilka kan tagas som utgångspunkt för bedömningar av operationsberedningssystemens teknologinivå. Med teknologinivån förstås då hur många steg nerifrån som operationsberedningssystemet täcker. Automatiken hos ett operationsberedningssystem är då ett mått på mängden beslut eller beräkningar som systemet klarar av på varje teknologinivå utan operatörs medverkan.

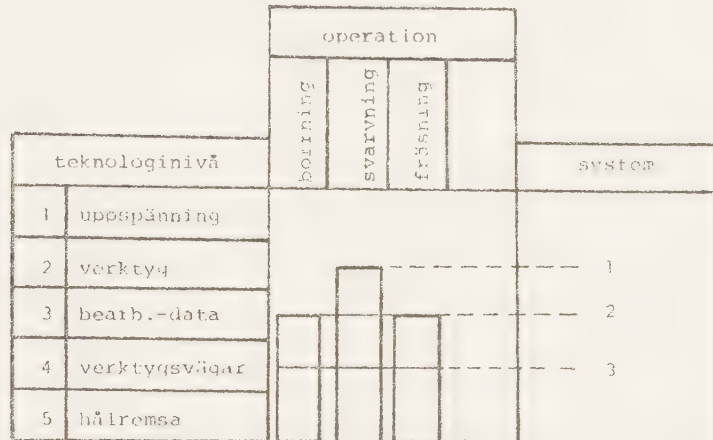
Generalitet mellan bearbetningsoperationer såväl som mellan deloperationer är ett önskemål som tyvärr strider mot den samtidiga önskan om hög teknologinivå och automatik.

Bedömningar av vilka geometrier som på ett standardiserat sätt kan behandlas i beredningssystemet är en viktig del som ej direkt avspeglas i Kjaergaard - Nissens diagram men som berör teknologinivån hos systemet.



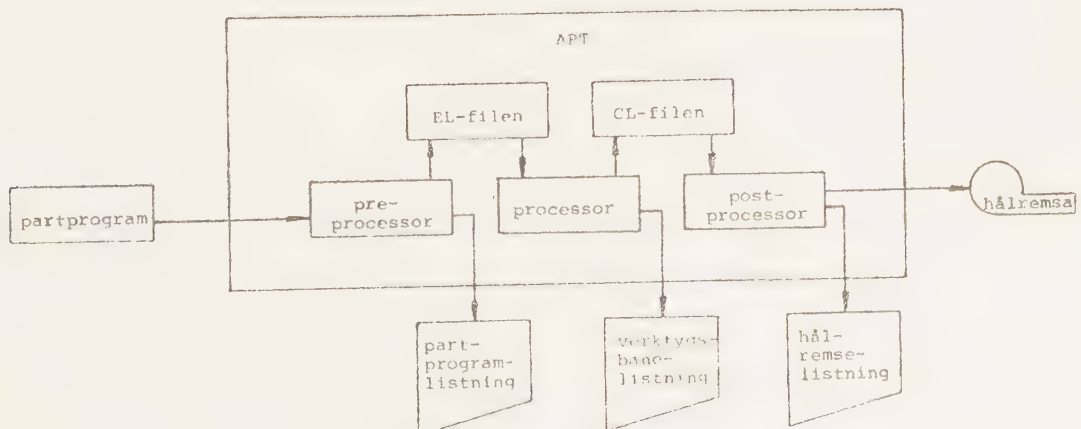
Figur 3.1 Produktionsprocessens steg enligt Kjaergaard - Nissen.

Generalitet mellan bearbetningsoperationer kontra teknologinivå har av TNO (23) åskådliggjorts som i figur 3.2. Operationsberedningssystemen har i en dylik figur antingen breda men låga profiler eller höga men smala profiler.



Figur 3.2 Generalitet kontra teknologinivå enligt TNO.

Historiskt sett utvecklades operationsberedningssystemen som stordatorsystem för satsvis databehandling. Generaliteten var ofta härvid hög medan teknologinivån inskränkte sig till rena verktygsbanegeometriberäkningar. Beredningssystemet APT (Automatically Programmed Tool) har blivit något av världsstandard för denna grupp. Många efterföljande operationsberedningssystem har konstruerats som utvidgningar eller modifieringar för skilda tillämpningar.



Figur 3.3 Arbetsgången i APT-systemet (2).

Den färdiga detaljens ideala form översättes av beredaren till punkter och ytor i ett koordinatsystem. Mellan dessa punkter och ytor, för svarvning kurvor, beordras verktygen, vilka för svarvning betraktas som cirkelformiga. Teknologidata beräknas manuellt och tillfogas geometriinformation för att bilda indata till APT-systemet. Indata benämnes då partprogram (Part Program). Indata ges oftast genom inläsning av en sats hålkort.

Preprocessorn bryter ner de geometriska elementdefinitionerna i partprogrammet till standardiserade geometridefinitioner, s.k. kanoniska former, -punkter till koordinattripplar, linjer till riktningsvektorer och avstånd till origo o.s.v. - samtidigt som syntaxen kontrolleras. Resultatet av preprocessorns arbete är EL-filen (EL - Execution Language). Processorn beräknar därefter brytpunkter på verktygsbanan efter de direktiv som beredaren givit i partprogrammet. Resultatet lagras tillsammans med teknologidata på CL-filen (CL - Cutter Location).

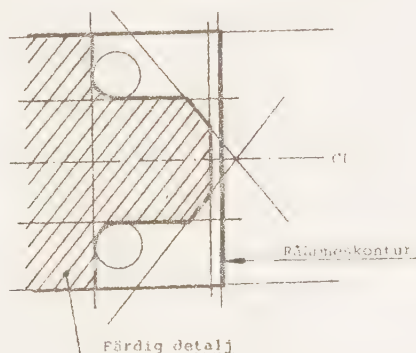
Medan preprocessorn och processorn är generella program, som arbetar på samma sätt oberoende av för vilken verktygsmaskin som partprogrammet skrivits, är postprocessorn unik för varje kombination av verktygsmaskin och styrsystem. Postprocessorn anpassar CL-data till styrsystemets indataformat samt utför ett stort antal kontroller av att styrinformationen verkligen kan utnyttjas i verktygsmaskinen.

Steget över postprocessorbehandling sker ej alltid ty det har utvecklats styrsystem vilka arbetar direkt på APT-CL-data, exempelvis Vega Control.

För att underlätta partprogrammeringen har det skapats APT-varianter med preprocessorn utformad som interpretativ kompilator för on-line indata från skrivmaskinsterminaler. Exempel härpå är SAABs NCP-ADAPT och Conversational APT från NEL (National Engineering Laboratory, Skottland). Syntaktiska fel i partprogrammet kan då korrigeras on-line. Genomloppstiden för ett program förkortas därmed kraftigt.

Genom att geometrin i APT bygges upp av geometrielement utan någon inbördes relationsstruktur och att de ytor, utefter vilka verktygen skall förflyttas (drivytor) eller vilka skall begränsa verktygens rörelser (checkytor), har oändlig utsträckning, kan APT inte omedelbart användas då man önskar t.ex. automatisk snittuppdelning i en materialvolym begränsad av ett flertal kurvor. APT-systemet behandlar ej problemet med verktygsvägs-generering utifrån en analys av form och läge hos den materialmängd som skall avverkas. APT säges ha en öppen geometri.

En hög automatik kan dock erhållas om man i APT använder APT-biblioteksmakron, en form av externa subrutiner som genererar och hanterar APT-instruktioner (4 och 28). I makron kan även en del teknologiska beslut om matningar, skärdjup m.m. genereras. Verkliga teknologibeslut kan dock APT ej generera då läges- och formtoleranser på ytor samt styvheten hos det uppspända arbetsstycket ej framgår av indata till APT.



Figur 3.4 Svarvningsgeometri med element med oändlig utsträckning såsom i APT.

Operationsberedningssystem med samma geometribetraktelsesätt som APT men med annan syntax förekommer även, t.ex. Compact II (24).

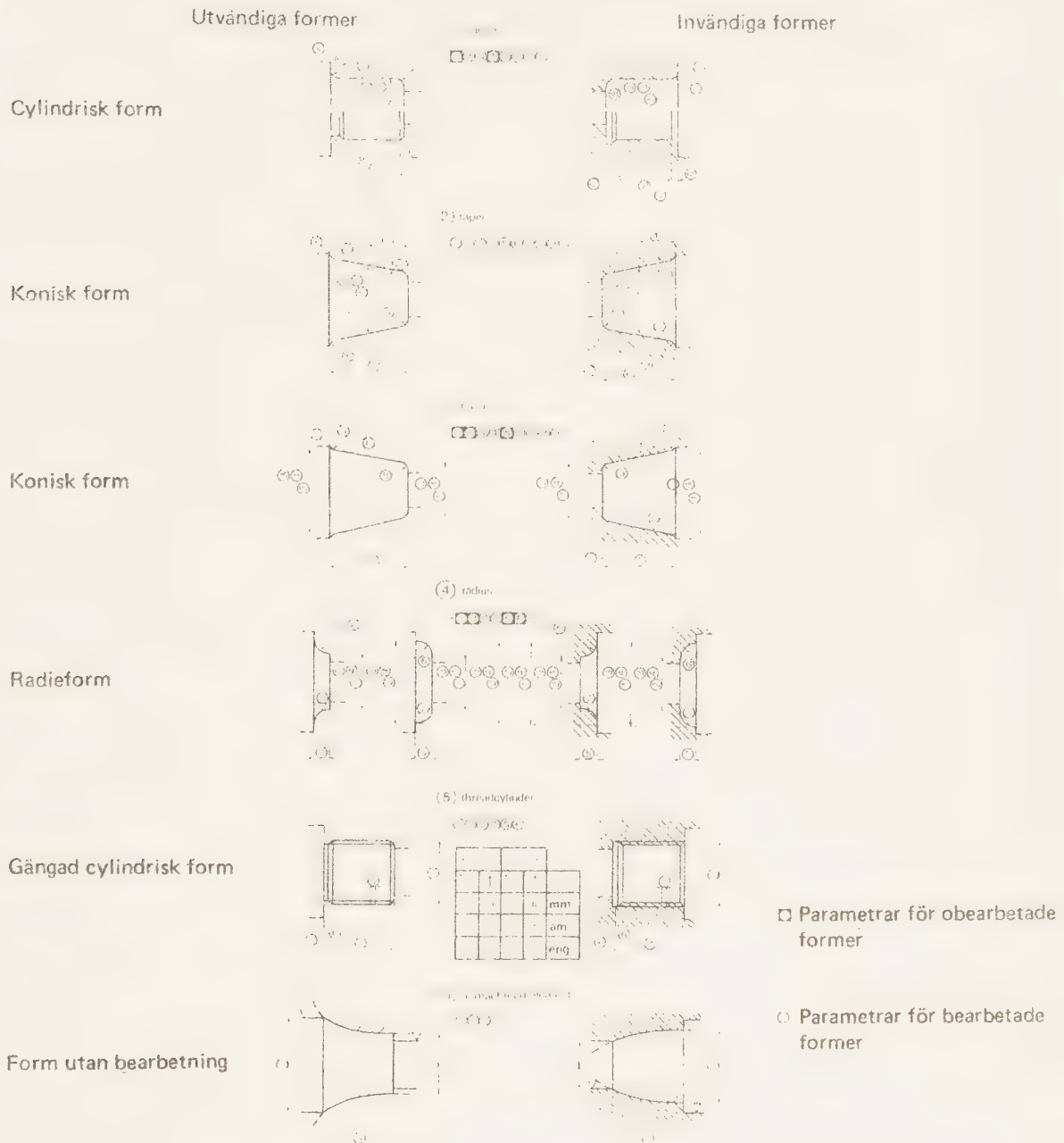
Om man använder geometrielement med ändlig längd uppnås fördelar ty geometrielementen kan då enkelt ordnas till konturer för hantering som samlade begrepp. Uppritningsbarheten för konturer förbättras väsentligt. Ett operationsberedningssystem där denna typ av geometribehandling användes är DANS (8). Möjligheter till att bygga upp hanterliga svarvningscykler utnyttjas i detta system.

De operationsberedningssystem, som arbetar med teknologi-beredning på nivå med verktygsval och högre nivåer, har indata som beskriver dels utgångsämnets form före bearbetningen dels den önskade detaljens form efter bearbetningen. I systemen Autoplan 1 (31) och MELTS (30) definieras geometrin enligt Haugruds modell KOBRA (13), där geometrin ses som ordnade följder av kontursegment, huvudsakligen linjesegment och cirkelbågar. På dessa konturer överlagras sedan formelement som fasningar och avrundningar. Geometribeskrivningen sker endast för geometri ovanför detaljens centrumlinje.

Operationsberedningssystemet MITURN (23) behandlar mera komplexa formelement. Figur 3.5. Formelementen beskriver ytor för utgångsmaterialets och den färdiga detaljens ytterkontur och eventuella innerkontur. Formelementen ordnas för operationen från arbetsstyckets ända in mot NC-svarvens arbetsspindel.

Mellan MITURN, MELTS och Autoplan 1 föreligger skillnader i teknologinivån för arbetsstyckets uppspänning. I MITURN är uppspänningsvalet helt manuellt och geometribeskrivningen inriktad mot det material som skall bearbetas bort i den aktuella uppspänningen. I MELTS och Autoplan 1 beskrives all geometri för råmaterialet och den färdiga detaljen. Instruktioner i Autoplan 1 avgör

vilken del av arbetsstycket som skall bearbetas i olika uppspänningar. Valet av uppspänningar och deloperations-uppdelningen är automatisk i MELTS.



Figur 3.5 Formbeskrivningselement i operationsberedningssystemet MITURN.

En vidareutveckling av geometribeskrivningarna vore om ett gemensamt geometrisynsätt kunde användas för alla bearbetningsoperationer - fräsning, svarvning, borrar- ning m.m. Ett operationsberedningssystem borde då generera indata till det operationsberedningssystem som behandlar efterföljande operation. Ett sant volymsbe- traktelsesätt är då nödvändigt. Bland andra har Braid (3) anvisat lösningar för volymsgeometrier.

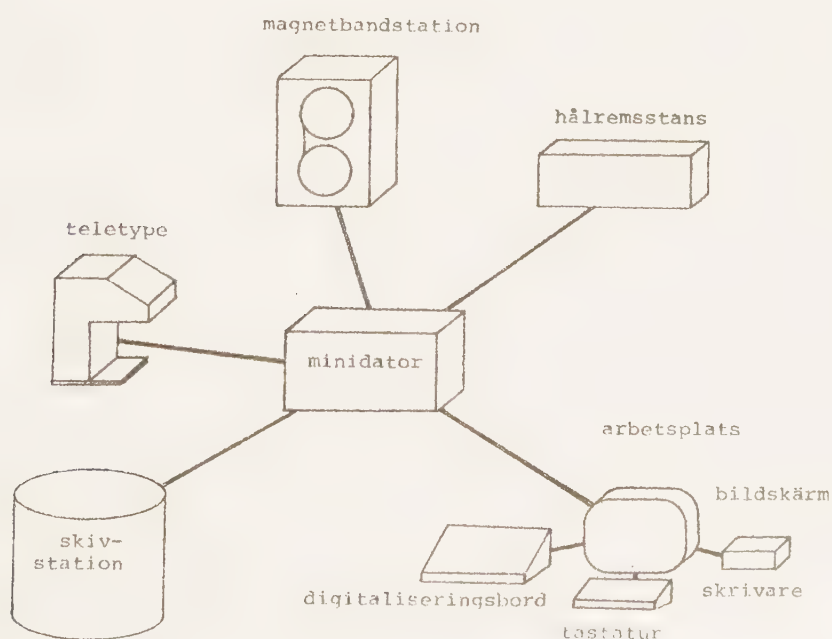
4 OPERATIONSBEREDNINGSSYSTEMETS UPPBYGGNAD.

4.1 Ursprung.

Det datasystem, som använts vid arbetets bedrivande, är ett interaktivt grafiskt minidatorsystem med en arbetsplats. Inköp av datasystemet, innefattande såväl hårdvara som programvara, skedde från Computervision Corporation och leveransen inträffade under maj 1976. Datasystemet var ett av de första levererade systemen av denna typ i Sverige. Utrustningen var redan vid leveransen operativ för såväl konstruktionsarbete som NC-operationsberedning.

4.2 Hårdvarukonfiguration.

Datasystemet är uppbyggt kring en minidator, i detta fall en modifierad Nova 1200 från Data General. Periferi-enheterna till minidatorn består av en teletype, skrivstation, magnetbandstation, hålremsstans samt en arbetsplats med grafisk bildskärm.



Figur 4.1 Datasystemets hårdvarukonfiguration.

Fram till hösten 1977 var systemet även utrustat med ett interaktivt ritbord.

Arbetsplatsen innehåller en grafisk 19" bildskärm av lagrings- (storage-) typ (Tektronix 4014) med tastatur, digitaliseringsbord med digitaliseringspenna för styrning av bildskärmens hårkors samt en termoskrivare (NCR T3-CA).

Teletypen är en ASR-33 och innehåller förutom mekanisk teckenskrivare och tastatur även hålremsstans och hålremsläsare för ordinär 8-kanalers pappersremsa.

Skivstationen (Century Data, modell 114) arbetar med rörliga läs- och skrivhuvuden. Lagringskapaciteten uppgår till 14M ord à 16 bitar (28M byte).

För långtidslagring och säkerhetslagring användes magnetbandstationen (Wangco, modell 10). Denna arbetar med standard 1/2" magnetband och skriver/läser 9-kanalers magnetband med 800/556 karaktärer per tum.

Hålremsstansen (Facit 4070) införskaffades år 1977 för att öka utstansningshastigheten av hålremsa jämfört med användningen av teletypens inbyggda stans. Kapaciteten ligger på 75 karaktärer per sekund.

Minidatorn innehåller kärnminne om 32K ord à 16 bitar. Detta är det minnesutrymme som programvaran kräver för att vara körbar. Minidatorn kan byggas ut för att betjäna upp till 5 arbetsplatser med kärnminnet måste då utökas med 24K ord för varje ny arbetsplats. Dessutom erfordras för två eller flera arbetsplatser i systemet även ett fleranvändarkort (MUC-board) för att styra minidatorns arbete mellan arbetsplatserna.

Multiplikation och division sker i hårdvara medan flyttalskonverteringar sker i programvara.

4.3 Grundprogramvara.

De användareorienterade programdelarna stöttas av operativsystemet CADDS3/OS. Operativsystemet är starkt filorienterat och skrivstationsorienterat.

Användareorienterade programdelar är huvudsakligen skrivna i Fortran S, motsvarande ungefär Fortran IV, medan operativsystemet, operativsystemnära rutiner samt databashanteringsrutiner är skrivna i TPL (The Programming Language), ett assemblernära programmeringsspråk. Kompilering av både Fortran S - program och TPL - program ger samma typ av objektкод, varför Fortran S- och TPL-rutiner kan blandas vid laddning till absolutkod.

Användarprogramvaran, CADDS3, täcker ett vitt spektrum av tillämpningar - elschemakonstruktion, kretskortkonstruktion, rördragning, kartritning, mekanisk konstruktion och NC-operationsberedning.

Exekvering av program sker i CADDS3 genom användning av overlayteknik med fix overlaystorlek.

Användareytan av CADDS3-systemet är starkt kommando-uppbyggt för geometriuppbyggnader. Vid NC-beredning är ytan i större utsträckning menyuppbyggt. För den tränade operatören är därför arbetsgången kraftfullare vid geometriuppbyggnad än vid NC-beredning.

Ett av Computervision Corporation utvecklat högnivåspråk med en APT-lik uppbyggnad kan även användas för skapande av geometrielement i CADDS3 (7). Språket, benämnt PEP (Parametric Element Processor), medger exekvering av parameterstyrda program med interaktivitet mot operatör och CADDS3-databaser. PEP-kompilatorn är emellertid ej interpretativ utan kompilering sker i ett batch-förfarande från textfil.

Ett kommando i CADD3 bygges upp av en verb - substantiv-kombination. Kommandoprocessorn beräknar utgående från verb - substantivkombinationen vilken overlay som skall läsas in i primärminnet och exekveras. Till kommandon kan i vissa fall tillfogas modifierare, vilka avkodas i den först inlästa overlayen efter kommandoprocessorn och vilka preciserar betydelsen av kommandona.

Kommandon, vilka lägger ut eller modifierar grafisk information samt bygger upp relationer mellan grafiska element, hämtar koordinatinformation eller pekare till grafiska element via en identifierings-/indata-processor från digitaliseringar från den grafiska bildskärmen.

Alfanumerisk indata till systemet gives antingen med hjälp av arbetsplatsens tastatur eller med hjälp av digitaliseringar på digitaliseringsbordets övre del där ett antal kommandolägen (function-keys) definierats. Varje digitalisering vid kommandolägena tolkas av kommandoprocessorn som en textsträng som om den hade kommit från tastaturen. Användaren av systemet skapar den textsträng som varje kommandoläge skall identifieras med.

Geometrielementen, genererade av systemet, kan för mekanisk konstruktion och tvådimensionell betraktelse vara punkter, olika typer av kurvor, måttangivelser, toleransangivelser, textsträngar m.m. Dessa kan tillordnas skilda synlighetsnivåer (layer), varigenom information kan särskiljas för olika användningar. Databasen för varje konstruktion (part) lagras som en separat permanentfil på skivstationen. I denna fil har man möjlighet att lagra ett eller flera element (record) för icke geometrisk information om hela konstruktionen. Ett dylikt informations-element benämnes part property och kan ange t.ex. konstruktionens ritningsnummer eller material i konstruktionen.

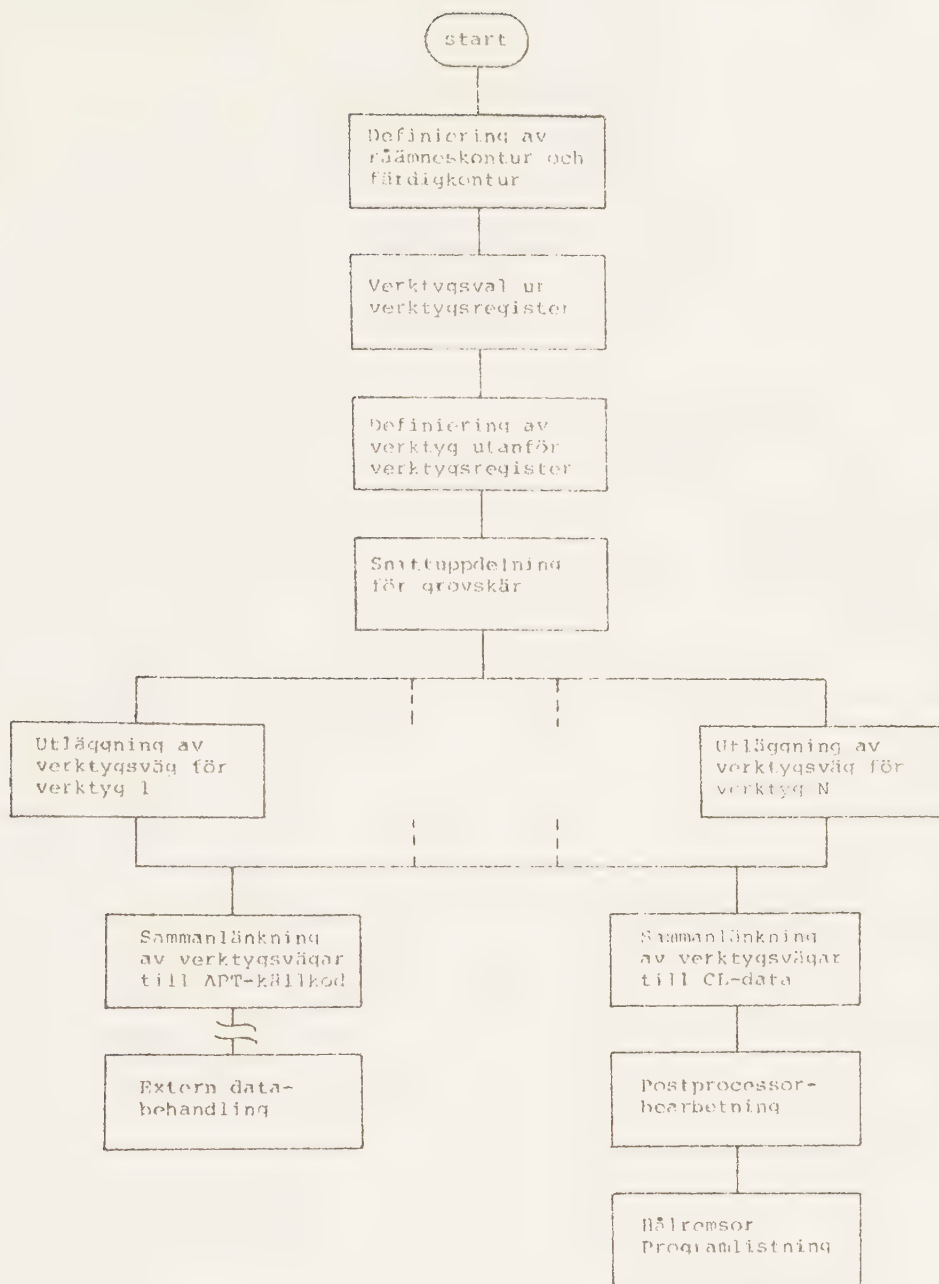
De geometriska element, som visas på bildskärmen, får

även de associeras med icke geometrisk information. Ett informationselement benämnes då property. För kurvor, vilka bildar kontur för ett objekt, kan en property beskriva förslagsvis yttjämnhet eller lägestolerans.

Beredningsmetodiken för NC-bearbetning är mycket kraftigt APT-orienterad. För svarvningsoperationer erbjuder det använda datasystemet fullt ut samma möjligheter som APT men sträcker sig ej heller längre i automatisering och teknologiberedning. Liksom i APT ses verktygen i grundprogramvaran endast som cirkelformade verktyg där cirkelarna representerar de verkliga verktygens dubbla nosradie.

Verktygsnosen hos verktygen dirigeras med hjälp av punkt - till - punkt - direktiv eller drivyta - checkyta - direktiv på samma sätt som i APT. Verktygslägen i förhållande till checkytor digitaliseras. Icke geometrisk information, såsom bearbetningsdata, kopplas till verktygsbanan med APT-postprocessormeddelanden. Systemet kan därefter generera APT-CL-data för postprocessorbehandling antingen internt eller i annan dator. Alternativt kan systemet generera APT-källkod. Figur 4.2.

Verktyg bildar separata databasenheter och kan som sådana hanteras mellan olika beredningsuppgifter där varje beredningsuppgift kan hanteras som en unik part. Ett bibliotek eller register av verktyg kan därför byggas upp för en viss NC-svarv eller för en grupp av NC-svarvar.



Figur 4.2 Arbetsgången vid NC-beredning.

4.4 Egenutvecklade programmoduler.

De moduler, som skapats för att underlätta NC-operationsberedningen för svarvning relativt användandet av grundprogramvaran, omfattar dels verktygsbanegeometridelar dels teknologidelar. Det har varit en målsättning att

dessa moduler ej skall ersätta grundprogramvaran utan istället utgöra komplement till grundprogramvaran och kunna användas av beredaren i de situationer då denne finner det lämpligt. De nya programdelarna ligger därför integrerade i grundprogramvaran.

Integrationen har för användaren förverkligats på två skilda sätt. Helt självständiga programmoduler har infogats genom att nya verb - substantivkombinationer har skapats i kommandoprocessorn. Dessa kombinationer ger då inläsning av nyskrivna overlayer till primärminnet. Overlayer med nya menyval har modifierats för att återspegla programändringarna.

4.5 Postprocessorer.

När operationsberedningssystemet användes för ett arbete bör hela proceduren från geometridefinition till framtagning av NC-svarvens styrinformation ske i ett sammanhang. En bärande tanke för systemet är att man skall undvika de tidsförluster, som uppstår i operationsberedningssystem då icke avslutade beredningsarbeten skall återupptagas. Arbetsgången bör därför ske över CL-datagenerering och postprocessorbehandling internt i systemet.

De postprocessorer, som utnyttjats under arbetet, har efter handledning skrivits av teknologer vid Lunds Tekniska Högskola som examensarbeten (1 och 27).

Utformningen av postprocessorerna har gjorts med tanke på hur CL-datagenereringen tänkts ske vid olika stadier under utvecklingsarbetet.

Den första postprocessorn skrevs under år 1976 för en SMT supportsvarv med styrsystemet CNC220. Denna svarv var utrustad med främre och bakre support. Postprocessorn för denna svarv skrevs helt enligt konventionell APT-metodik, varför denna postprocessor kräver att alla verk-

tygsrörelser genereras i en kvadrant i koordinatsystemet oberoende av om verktygen verkligen arbetar där eller ej. Postprocessorn tar hand om koordinatomräkningar genom att verktygens placering i supportarna anges.

För senare postprocessorer genereras verktygsbanorna i den kvadrant där verktygen arbetar.

Exekveringsstart av postprocessorerna beordras från operativsystemnivå. För närvarande hämtar postprocessorerna CL-data endast från magnetbandfiler, ej från skivstationfiler, på grund av att då postprocessorerna utvecklades var magnetband det enda lagringsmediet för CL-data.

Hållemsa stansas parallellt med att postprocessorlistan skrives ut på termoskrivaren. Med detta förfarande riskerar man att få utstansning av en hållemsa även om postprocessorn finner felaktigheter i CL-data. Korrekt metod är att låta postprocessorn bygga en textfil på skivstationen med det tilltänkta hållemsinnehållet för senare utstansning av detta. Styrinformationen är därmed direkt åtkomlig för systemets text editor.

Modifieringar av postprocessorerna för att korrigera dessa ofullkomligheter planeras som examensarbeten.

5 VERKTYGSBESKRIVNINGAR.

5.1 Grundprogramvarans begränsningar och möjligheter.

Genom att alla verktyg, som kan användas för verktygsväggsgenereringar för NC-svarvar, i grundprogramvaran behandlas som cirkelformade verktyg där cirkeln representerar verktygsnosen, överlåtes alla avgöranden om verktygens bearbetningslämplighet till beredaren.

En fullständig prövning av bearbetningslämpligheten för svarvningsverktyg mot arbetsstyckets drivytor innefattar såväl ren geometriprövning som teknologiprövning. De viktigare parametrarna härvid är verktygens eggvinklar i koordinatsystemet, verktygens rörelseriktningar, drivytornas former, verktygsnosutformningen, spänvinklar och släppningsvinklar på olika delar av skären, matningar, spindelvarvtal, skärdjup, material i arbetsstycke och verktygen samt styvhet hos arbetsstycke och verktygen. Samtliga dessa parametrar är i avseende på bearbetningslämplighet för verktygen korrelerade men korrelationsfunktionen mellan dessa är för det generella fallet ej helt känd.

Verktygsbeskrivningen bör vara utformad på sådant sätt att det är möjligt att underlätta och kontrollera beredarens arbete. Verktögsbeskrivningen bör då innehålla de mest relevanta eller kritiska parametrarna. Från denna beskrivning skall sedan enkla prövningar ske. Prövningar som avgör nödvändiga om ej fullständiga villkor för att ett verktyg kan användas för viss bearbetning.

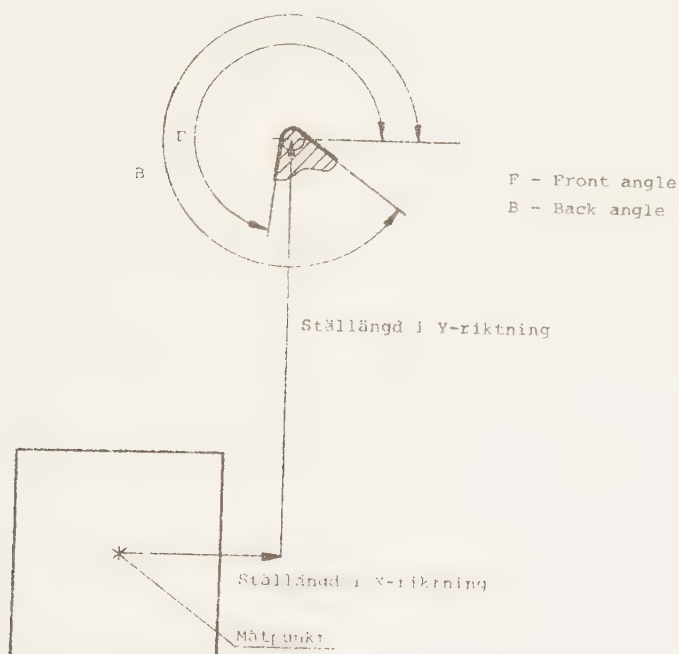
Den databasenhets, som i grundprogramvaran lagrar information om verktygsgeometri för samtliga verktygstyper, innehåller fem parametrar användbara för geometribeskrivning. Av dessa parametrar använder grundprogramvaran endast en för att beskriva svarvverktyg. Således kan grund-

programvaran omarbetas till att beskriva mera komplicerade svarvverktogsgeometrier än den nu gör utan att databasen behöver ändras.

Den modifierade programvaran behandlar nu tre svarvverktygstyper - grundprogramvarans svarvverktygstyp, en svarvverktygstyp med eggvinklar samt en svarvverktygstyp för centrumborrar och spiralborrar för urborrning av centrumhål i arbetsstycken.

5.2 Svarvverktyg i den modifierade programvaran.

En ny verktygstyp, som skall användas för generell svarvning där man använder skrubbstål, planstål och knivstål, har införts i systemet. Verktøget beskrives förutom med verktygsnosmåtten även med verktygets eggvinklar och ställängder.



Figur 5.1 Verktøgsbeskrivning för nyinfört svarvverktyg.

Entydighet för vinkeldefinitionerna för olika verktyg av denna verktygstyp uppnås genom att verktygets första vinkel (front angle) alltid definieras som vinkeln mellan operationsberedningssystemets x-koordinataxel (abskissa) och den skäryta som i positiv omloppsriktning utgör övergång från skärets utsida till dess materialsida. Verktygets andra vinkel (back angle) är vinkeln från x-koordinatvinkeln över första vinkeln till skärets andra yta. Matematiskt sett gäller då:

$$0 \leq \text{front angle} < 360^\circ$$

$$\text{front angle} \leq \text{back angle} < \text{front angle} + 180^\circ$$

Det är nu möjligt att i programvaran kontrollera så att både ställvinkeln och biskärsvinkeln är positiva då verktyget förflyttas längs en yta. Programvaran accepterar släppningar räknade efter rörelseriktning och verktygsvinklar ner till 0° . För verktyg där man vill försäkra sig om större släppningar än så, ändras verktygsvinklarna i verktygsbeskrivningen relativt den faktiska geometrin för att återspegla önskade släppningar.

Ställlängderna anger verktygsnoscentrums läge i koordinatsystemet relativt NC-svarvens mätpunkt, vanligtvis verktygsbärarens centrum.

Beredaren måste vara medveten om de förenkling av geometrin för verktyget som göres. Knivstål med utbytbara hårdmetallplattor har ofta konkava former utåt mellan skärplattorna och hållarna.



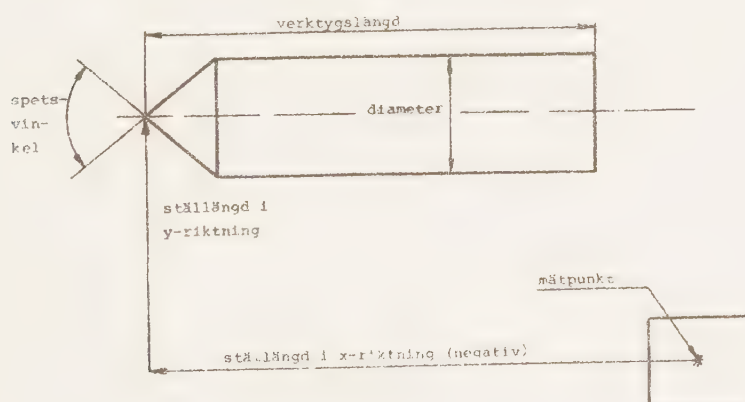
Figur 5.2 Konkava former nära verktygsnosen hos knivstål.

Tar man hänsyn till konkaviteten i verktygsbeskrivningen förhindras att verktyget väljes i fall då man eljest riskerar att hållaren tar i arbetsstycket. Å andra sidan förkastas verktyget i fall där verktyget verkligen kan användas, t.ex. för släppningsspår.

Vid bearbetning av detaljer från stångmaterial ingår mycket ofta urborrning av centrum med spiralborr eller fullhålsborr som första innerbearbetning. I grundprogramvaran användes den ordinarie svarvverktygstypen för att representera dessa verktyg. På systemet genereras då blott och bart borrarspetsens rörelser.

Då den yta, som borrarverktyget genererar, ofta utgör råmaterialkontur för efterföljande innerbearbetningar, kan systemets effektivitet höjas om verktyget automatiskt genererar denna yta och visar den relativt detaljens färdigkontur. Härigenom åstadkommes även att man får en visuell kontroll av att ett borrarverktyg med en rimlig diameter valts.

Ett nytt svarvverktyg, som skall representera spiralborrar och fullhålsborrar, har därför implementerats i systemet. Verktyget arbetar med fem parametrar - verktygsdiameter, spetsvinkel, verktygslängd och verktygets ställängder.



Figur 5.3 Verktygsbeskrivning för borrarverktyg i svarvar.

Utläggning av borrarverktygets geometri sker genom ett val i en kommandomeny. Programvaran kontrollerar då att verktygsspetsen är positionerad till rotationsaxeln för arbetsstycket.

5.3 Utvidgad verktygsbeskrivning.

Property-begreppet i CADDS3-programvaran var applicerbart endast på hela konstruktioner (part property) eller på de databasenheter som var identifierbara via den grafiska bildskärmen.

I den modifierade programvaran kan en property associeras med verktyg genom identifiering med verktygsnamn. Genom denna utvidgning är det möjligt att beskriva t.ex. material i verktygseggen, tillåten skärkraft på verktyget m.m.

Öppningar mot vidare automatisk teknologiberedning har härigenom givits.

6 OPERATIONSBEREDNINGSSYSTEMETS TEKNOLOGINIVÅ

OCH AUTOMATISERINGSGRAD.

6.1 Synsätt på teknologinivå och automatiseringsgrad.

Det operationsberedningssystem, som bör komma till användning i en produktionsmiljö lik den hos maskinverkstaden hos Kockums Varv AB, bör erbjuda beredaren fullt ut samma möjligheter att åstadkomma bearbetningsoptimala bearbetningsprogram som manuell operationsberedning gör. Det är därför viktigt att beredaren kan styra varje beslut som fattas vid beredningen. Samtidigt är det av samma vikt att beredaren tillföres samma information via operationsberedningssystemet, som beredaren i annat fall fått söka efter i datablad och register, för att operationsberedningssystemet skall effektivisera arbetet. Systemet måste också eliminera besvärliga beräkningar och repetitiva beräkningar.

Härmed följer att systemet skall kunna arbeta på såväl hög som låg automatiseringsgrad för de omfattande geometriberäkningarna. Teknologidata bör kunna hämtas direkt från register för beredarens godkännande.

Teknologinivån och automatiseringsgraden för det anvisade systemet sträcker sig ej i annat anseende än 1/ skäruppdelning vid grovsvavning 2/skärwinkelkontroller och 3/ skärdataval utöver APT-kompatibilitet.

Genom att operationsberedningssystemet föreslås bli använt av flera personalkategorier, har interaktiviteten mellan beredarna och systemet anpassats med tanke härpå.

6.2 Geometriskt arbetsområde.

All verktygsbanegenerering bör vid alla bearbetningsfall ske på sådant sätt att bilden av verktygsrörelserna på bildskärmen naturligt överensstämmer med de verktygs-

rörelser som operatörerna upplever vid verktygsmaskinerna. Av denna anledning bör verktygsrörelser i svarvar av supporttyp med främre verktygshållare beskrivas i beredningssystemets fjärde koordinatkvadrant och med rotationsaxeln sammanfallande med x-axeln. Eventuell bearbetning med bakre verktygshållare beskrives lämpligen i första kvadranten.

Snedbäddsmaskiner med bakre verktygsväxlare och därmed bakre verktygshållare bör helt beredas för i första kvadranten.

Karusellsvarvar, vilka har vertikala rotationsaxlar, beredes för på sådant sätt att rotationsaxeln sammanfaller med beredningssystemets y-axel. Det kan därvid vara aktuellt med beredning i första och andra kvadranten.

Beredningsfall, där verktygsvägarna bör genereras i koordinatsystemets tredje kvadrant, kan knappast förekomma. Stödgeometri för geometrigeniering enligt Erikssons metod (9) ligger i denna kvadrant, men metoder för att kringgå eventuell interferens kan anvisas.

Geometri, skapad enligt Erikssons metod och för verktygsväggsgenerering, ligger i koordinatsystemets första kvadrant. Överföringar och kopieringar av geometrin till de områden, där verktygsväggsgenereringen skall ske för olika NC-svarvtyper, utföres med grundprogramvarans kommandon för speglingar, förflyttningar, rotationer till vilka kopieringsdirektiv kan ges.

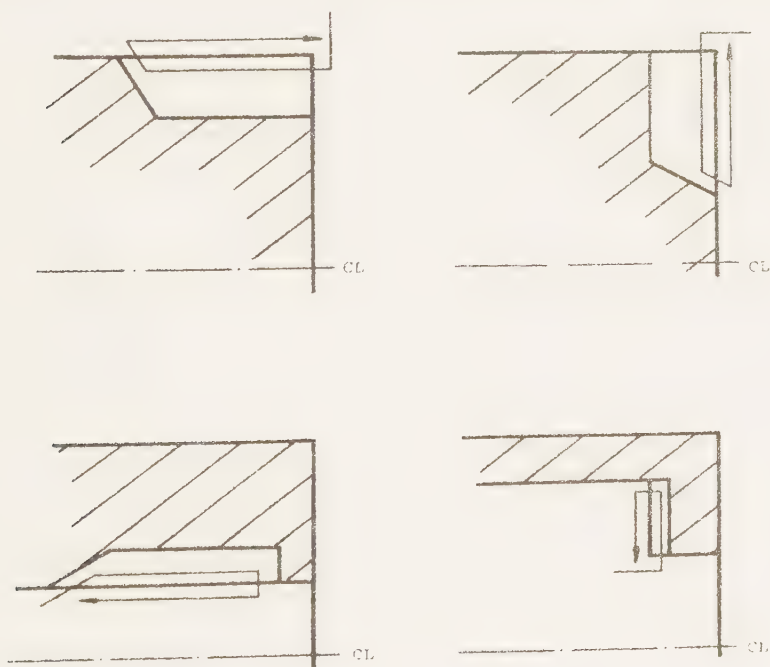
Postprocessorerna till systemet måste således utformas så att de hanterar koordinatinformationen efter hur verktygen arbetar och utföra konverteringar till NC-svarvarnas xz-koordinatsystem.

6.3 Grovsvarvningsprocedurerna.

Grundprogramvaran har en procedur för att lägga ut grovsvarvningsskär. Denna använder en ämneskonturlinje, en inmatningsvektor, en linje (drivyta) in till vilken skär skall läggas ut samt upp till åtta linjer eller cirkelbågar vilka utgör begränsningsytor (checkytor) för svarvningen parallellt med drivytan.

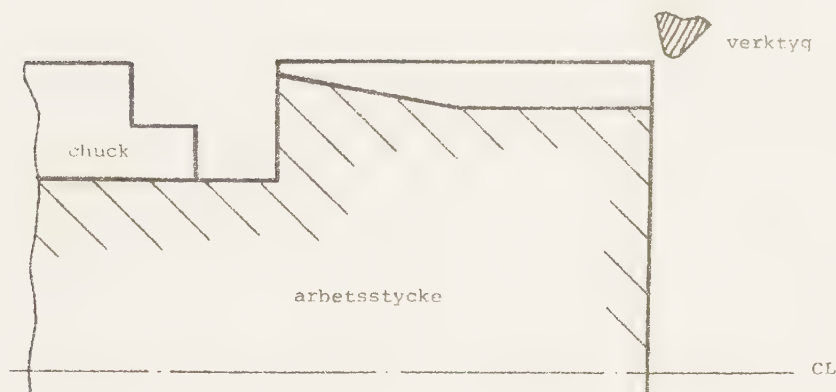
Den modifierade programvaran utnyttjar samma procedur och undersöker vilken verktygstyp som användes för bearbetningen. Är det svarvverktygstypen med eggvinklar kontrolleras ytorna mot verktygsgeometrin. I annat fall ignoreras kontrollen.

Proceduren fungerar för fall då ämneskonturen och drivytan är axelparallella linjer. Den kan då utnyttjas för att lägga ut utvändiga och invändiga skär, x-axelparallella skär i positiv och negativ axelriktning samt y-axelparallella skär i positiv och negativ axelriktning. Detta kan ske i samtliga kvadranter.



Figur 6.1 Exempel där grovsvarvningsproceduren kan användas.

Vid konflikt mellan verktygsvinklarna och drivytan eller checkytorna avbrytes genereringen av skär i grovsvärvningscykeln och ett felmeddelande härom lämnas på termoskrivaren. Verktygsväggsgenereringen kan därefter återupptagas från den punkt dit verktyget positionerats före grovsvärvningsprocedurens start. Detta sätt har valts ty endast i undantagsfall är verktyget användbart då en konflikt uppstår.



Figur 6.2 Exempel då grovsvärvningsproceduren ger konflikt trots att verktyget är användbart.

De fall där detta kan uppstå är då den checkyta, som ligger närmast ämeskonturen, ej utgör begränsningskurva mellan den färdiga detaljen och material, som skall avverkas, utan istället utgör begränsningskurva icke arbetsstycke och material. En möjlighet att kontrollera detta vore att undersöka layer-tillhörigheten för sista checkytan ty ämeskonturer och detaljkonturer skall vara separerade i layer. Någon sådan kontroll är dock ej genomförd.

Vid konflikt mellan verktygets nosgeometri och inmatningsvektorn lägger systemet ut en varningssignal på bildskärmen - en skarpt lysande kvadrat - under ca tre sekunder i dess nedre högra hörn. En konflikt här betyder ej att bearbetning ej kan ske för fall då svarvningen sker från fri ände. En varning till beredaren gör det möjligt för denne att avgöra om verktyget skall utföra grovsvarvningen. Någon möjlighet att göra en strikt analytisk kontroll av huruvida den angivna inmatningsvektorn är godtagbar med tanke på verktyget finnes ej utan mycket omfattande systemförändringar.

Bearbetningsparametrarna till grovsvarvningsproceduren ges i form av maximalt skärdjup, bearbetningsmatning i mm per spindelvarv, snabbmatning i mm per minut samt hur mycket material som skall lämnas kvar vid drivytan och checkytorna. Systemet delar därefter upp inmatningen i ett antal ekvidistanta skär från ämneskonturen in till drivytan. Distansen mellan skären är då mindre än eller identisk med det angivna maximala skärdjupet.

Alternativa skäruppdelningar kan tänkas vara bättre. Vid första skäret har arbetsstycket den största styvheten varför det första skäret bör tagas med större skärdjup än efterföljande skär. Vid bearbetning i gjutgods är detta önskvärt så att vid första skäret gjuthuden orsakar förslitningen så långt in på skäreggen som möjligt. Första skär bör härvid ske med maximalt skärdjup.

Initialvärdena på bearbetningsparametrarna har anpassats för att svara mot rimliga värden i ett ISO-måttsystem.

6.4 Finsvarvningsprocedurerna.

Grundprogramvaran omfattar punkt-till-punkt-direktiv och drivyta-checkyta-direktiv för att beordra förflyttningar av verktygsspetsen. Verktygslägen, då verktyg skall tangera checkytor anges med digitaliseringar.

Den modifierade programvaran innehåller kontroller av verktygsrörelser kontra verktygsgeometri i den skärande spetsen. I situationer, då programvaran uppfattar konfliktrisk, varnas beredaren på samma sätt som i grovbearbetningsproceduren. En varningssignal i form av en lysande ruta lägges ut på den grafiska bildskärmen. Det slutliga avgörande om verktygets användbarhet överlåtes till beredaren.

6.5 Skärdataval.

En undersökning vid maskinverkstaden, Kockums Varv AB, under sommaren 1976 (14) inriktades på att studera vilka skärdata som valts vid manuell operationsberedning för NC-svarvar därstädes. Liten överensstämmelse mellan valda skärdata och verktygsleverantörernas rekommendationer påvisades då. Hermansson (14):

"Man kan genomgående observera att de av programmerarna valda värdena på kombinationer matning, skärdjup och skärhastighet ligger på en nivå under referensvärdena. Detta utrymme för möjliga optimeringar förbrukas till viss del av för den unika bearbetningssituationen speciella begränsningar som t.ex. intermittent skär, obalans, slankhet och liknande faktorer."

Med denna bakgrund finns inget större skäl att söka optimala skärdata automatiskt. Snarare ligger problemet i att finna satisfierande val.

Ett fullständigt skärdataval bör ta hänsyn till material i arbetsstycke och verktyg, skärgeometri, skärförhållanden samt även ekonomisk utslitningstid. Flera formler finns att tillgå för dessa beräkningar, t.ex. Kronenberg, men dessa formler har nackdelen av allt för hög abstraktion i ett system, vilket skall handhas och delvis underhållas av maskinoperatörer.

Ett lämpligt sätt att lösa skärdatavalet på är att låta systemet söka i textfiler efter förslag på parametrar. En diskretisering av indata för sökprocedurerna måste därvid göras för att textfilerna ej skall få alltför stort omfång.

Skärdatavalet bör ske efter två olika algoritmer beroende på om skären lägges ut för grovsvarvning eller för finsvarvning. Endast vid finsvarvning har den slutliga ytans ytjämnhet någon betydelse för skärdatavalet men samtidigt är skärkraften och effektåtgången utan större betydelse. För grovsvarvning är förhållandet det omvända.

Det lämpligaste sättet att utföra skärdataberäkningarna och komma åt information är att utnyttja property- och part property-begreppen. Skärdataberäkningarna för finbearbetning bör i varje steg undersöka om den yta, utefter vilken bearbetningen skall ske, till sig har knuten property för sökt parameter. Varje av systemet funnen eller beräknad parameter skall presenteras beredaren för godkännande eller modifikation. Det är beredarens uppgift att avgöra om skärförhållandena är sådana att standardvärden ej kan utnyttjas.

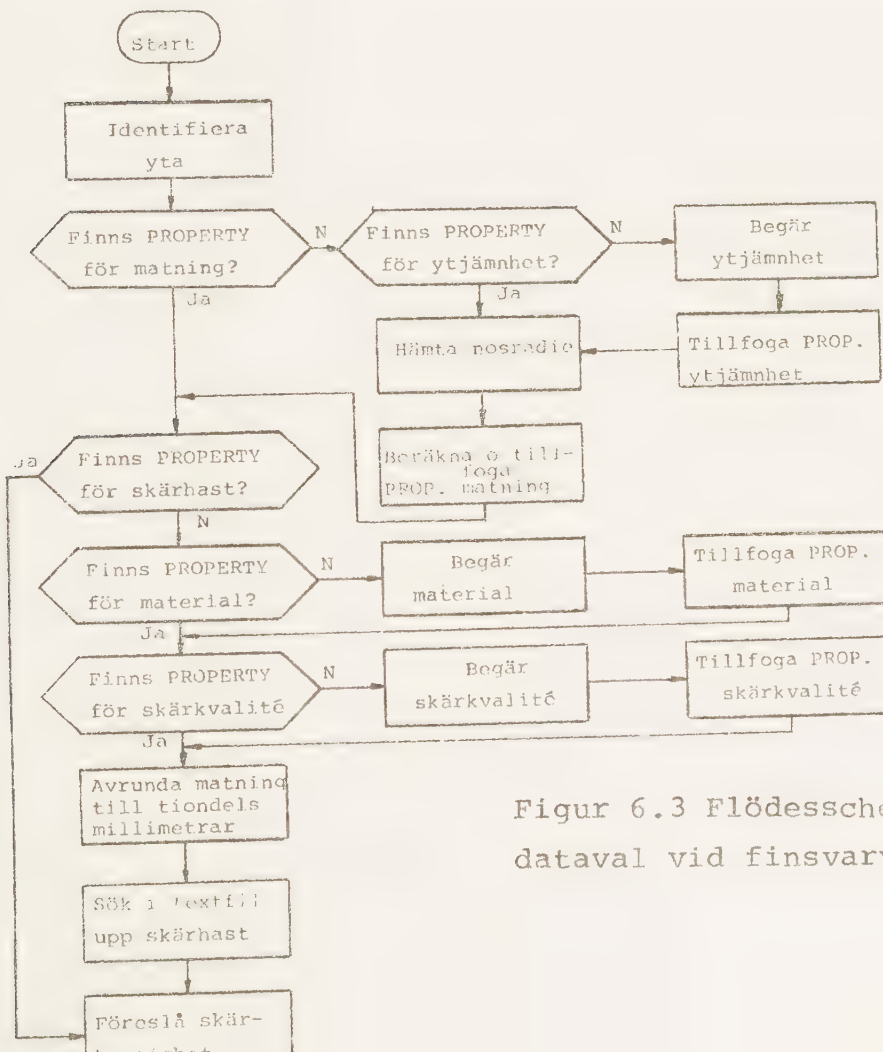
I finbearbetningsalgoritmen kan verktygets nosradie och önskad ytjämnhet användas för beräkning av matning räknad i millimeter per spindelvarv. Då den aritmetriska medelytavvikelsen (R_a) är huvudkriterium för ytjämnhet enligt svensk standard, användes denna som utgångspunkt för beräkningarna.

Vid friskärande bearbetning gäller approximativt

$$s = 5 \sqrt{r \cdot R_a} \quad , \quad s - \text{matning}, \quad r - \text{nosradie} \\ R_a - \text{ytjämnhet}$$

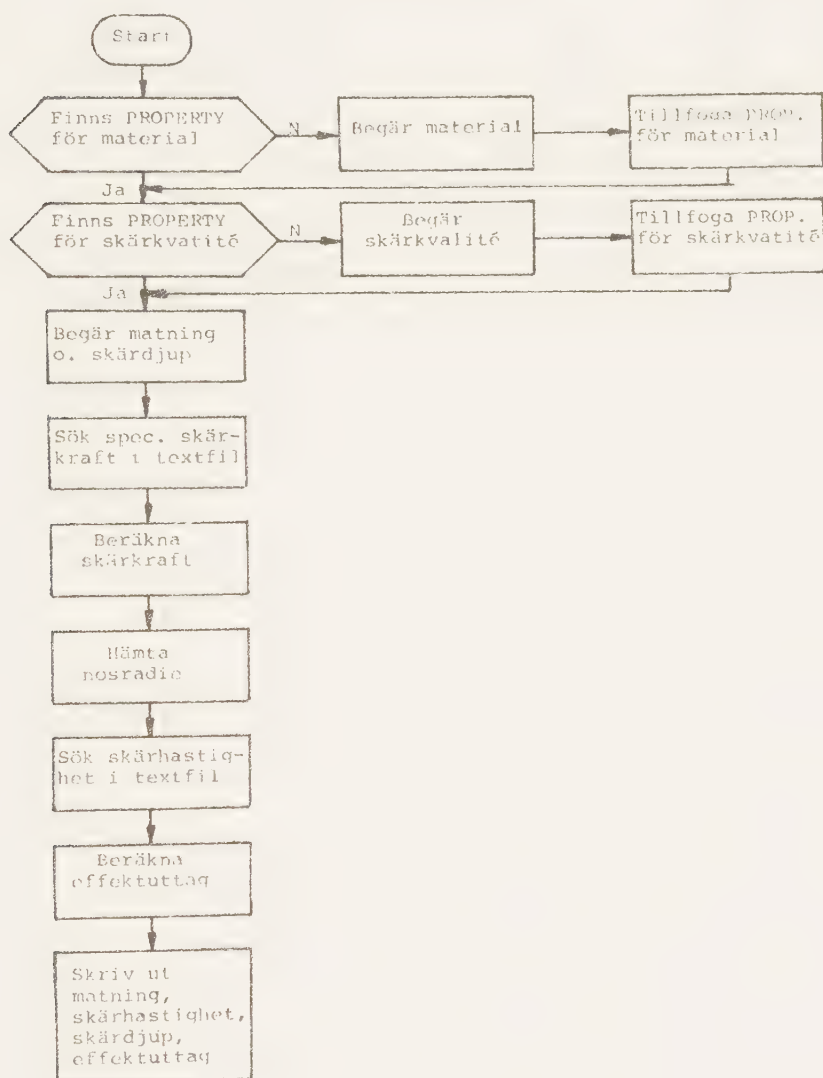
Den aritmetriska medelytavvikelsen anges i en Renard-serie, i vilken endast ett fåtal värden är rekommenderade (SMS 673). Detta medför att ett fåtal olika matningar väljes enligt formeln ovan. Räffelförslitningen på verktyget blir då framträdande med försämrade ytfinhet alternativt förkortad verktygslivslängd som följd. En förbättring vore att korrigera den förut beräknade matningen med en faktor hämtad från en slumpvalsgenerator eller från en talföljd genom permutation.

Material i arbetsstycket, verktygskvalité, nosradie för verktyget och matning är de parametrar som styr valet av skärhastighet.



Figur 6.3 Flödesschema för skärdataval vid finsvarvning.

Vid grovbearbetning fordras en annan arbetsgång för att finna skärdata. Material i arbetsstycket tillsammans med matning ger en specifik skärkraft, vilken multiplicerad med matning och skärdjup, i sin tur ger skärkraft. Inverkan av olika ställvinklar och olika nosradier bortses då ifrån. Det är huvudsakligen verktygsmaterialet, materialet i arbetsstycket, nosradien och matningen som bestämmer lämplig skärhastighet. Skärkraft och skärhastighet ger effektuttag.



Figur 6.4 Flödesschema för skärdataval vid grovsvärvning.

En förutsättning för god spån­brytning är ett ej för högt förhållande mellan skärdjup och matning, ofta bör det understiga ca 10. Samtidigt är ett högt förhållande här önskvärt för hög produktivitet. Det förhållande, som man ej bör överskrida, är närmast en materialkonstant och bör då kunna vara lagrad som en part property eller lagrad i textfil tillsammans med materialbeteckningen. Programvaran bör då kontrollera detta värde mot valda värden på matning och skärdjup.

Produktspecifik bearbetning, såsom t.ex. stickningar av kolvspår eller hålkälar, utföres praktiskt taget alltid med specialslipade formstål. Bearbetningen, såväl som geometrin, kan då ses som ett makro. Verktygsbanan, från läget där arbetsmatningen måste kopplas in till läget där snabbmatning åter kan kopplas in, hämtas från skivstationsfil på samma gång som geometrin vid geometri-definition av detaljen.

7. KOLLISIONSTESTER.

I systemet visas såväl den färdiga detaljens kontur som utgångsämnets kontur och uppspänningsdonen. Arbetsområdet för verktygshållaren kan även visas i systemet även om det ofta ej är nödvändigt för beredningsuppgiften.

Vid användning av grovskärncykler visas även deloperationssuppdeleningen i olika materialytor. Genom att verktygsbanorna kan läggas ut i den ordning som bearbetningen avses ske, är det också för tämligen komplicerade verktygsvägar en enkel uppgift att hålla reda på inom vilka områden som olika verktyg kan arbeta utan kollisionsrisk. Komplicerade bearbetningar, där många olika verktyg används, behandlas lämpligen genom att ämneskonturen modifieras till att överensstämma med den aktuella faktiska konturen efter varje verktygsanvändning. Detta är också ett naturligt arbets sätt i systemet genom att till varje verktygsbana associerar sytemet ett och endast ett verktyg, varför beredaren tvingas ut på kommandonivån efter definitionen av ett verktygs rörelser.

Beredaren kan således skapa sig en god visuell bild över att verktygsspetsen ej beordras in i oacceptabla lägen.

Risk för kollision mellan arbetsstycke eller uppspänningsdon å ena sidan och verktyg/verktygshållare eller revolver å den andra sidan kontrolleras genom att man i systemet bygger upp grafiska representationer av verktygen i sina bärare. Dessa bilder lägges därefter ut i de punkter på verktygsbanan där operatören är tveksam om frigång. Operatören kan därvid göra en visuell kontroll.

För NC-svarvar med verktygen i indexerande revolverar byg-

ges representationen av revolvern samman med verktygsrepresentationerna för de på revolvern monterade verktygen. Med hantering av hela denna geometri kontrolleras frigång under bearbetningen. Frigång vid verktygsväxling undersökes genom stegvis rotation av verktygsuppsättningens bildrepresentation.

I NC-svarvar med sammankopplade främre och bakre verktygshållare kontrolleras på analogt sätt att verktyg i bakre verktygshållaren ej går i oönskat ingrepp då verktyg i främre verktygshållaren styres ut från arbetsstycket.

De kommandon, som i CADDS3 behövs för att visa revolverindexeringar m.m., är tämligen komplexa. För att därför underlätta för beredaren att ge dessa kommandon, lägges dessa lämpligen på digitaliseringsbordets kommandolägen. En ytterligare hjälp erhåller beredaren om han med digitaliseringen på ett kommandoläge först initierar ett PEP-program, som endast skriver ut en förklaring över hur han skall ge indata till efterföljande kommandon, och där efter de verkställande kommandona.

I ett interaktivt grafiskt datasystem, som det här användas, är en analytisk lösning av kollisionstester ej nödvändig.

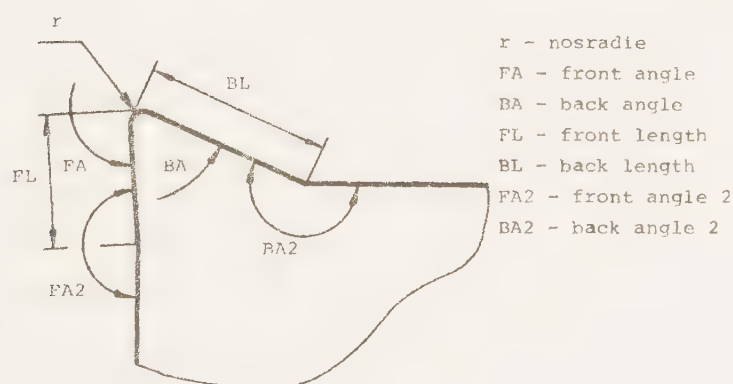
8 OPERATIONSBEREDNINGSSYSTEMETS UTVECKLINGSBARHET.

8.1 Svarningsoperationer.

I ett operationsberedningssystem, vilket konstrueras med särskild tanke på användarvänlighet för icke specialutbildad personal, är analogin mellan skeenden i NC-verktygsmaskinerna och den grafiska representationen av bearbetningen vid systemet av mycket stor vikt.

I det anvisade systemet kan analogin ökas genom ett flertal åtgärder. Verktøygen visas vid förflyttningar endast som cirklar. Den grafiska representationen tar ingen hänsyn till verktygstyp och andra verktygsparametrar än nosradien. En utveckling härvidlag vore önskvärd.

De geometriska beskrivningarna av verktyg kan göras mera fullständiga. Det mest flexibla sättet att gå till väga härvidlag är att gå via property men samtidigt är verktygsparametrarna då ej lika lättåtkomliga i programvaran som om databasbeskrivningen omfattar dessa parametrar. En lämplig utvidgning av verktygsbeskrivningen för plan-, skrub- och knivstål kan vara som i figuren.



Figur 8.1 Förslag på verktygsbeskrivning.

Med utvidgade verktygsbeskrivningar vore mera fullständiga bearbetningslämplighetstester mot drivytor och checkytor möjliga. Beredaren skulle kunna få en betydligt bättre bild av verktyget under genereringen av verktygsbanor än vad som nu är fallet. Korrektheten för genererade verktygsbanor bör därmed öka.

Det är något motsägelsefullt att samtidigt utvidga geometriska bearbetbarhetstester och den geometriska representationen av verktygen under verktygsbanegenereringen. Båda åtgärderna medverkar till att verktyg med för bearbetningen felaktig geometri förkastas. Det är min uppfattning att så många kontroller som möjligt bör läggas i programvaran. I många fall är det dock svårt att göra kontrollerna i programvaran och då är bilden ett mycket bra hjälpmedel för beredaren att ta över beslutsfunktionen.

Parametrar för svarvstål beskriver svarvstålens geometri i det koordinatsystem i vilket stålen skall arbeta. I många fall kan dock verktygen monteras i olika lägen i verktygsbärare. En användbar programdel vore då en procedur som räknade om verktygsparametrar efter verktygens placering. Man skulle därigenom komma från behovet att för varje fysiskt verktyg ha olika verktygsbeskrivningar för olika verktygsplaceringar. Detta fordrar dock en ändring i databaselementet, som beskriver verktygsbanor, för att verktygets orientering skall kunna lagras undan.

Verktygsval sker nu från en verktygslista, vilken genereras av systemet. Ett mera tilltalande sätt är att välja verktyg från bildskärm genom identifieringar. Detta kan lösas genom att alla verktygsgeometrier lägges upp på separat synlighetsnivå (layer) och programvaran kopplar digitaliserat läge med verktygsnamn via textfil.

I grundprogramvaran och den modifierade programvaran är programdelen för utläggning av verktygsbanor ej operationsbunden utan kan användas för flera operationstyper. Härigenom blir, då programdelen användes till svarvningsoperationer, menyerna onödigt stora och systemets lättarbetbarhet minskar. Det är min övertygelse att programdelen bör göras operationsbunden för att man skall erhålla bästa effektivitet vid användningen.

8.2 Icke svarvningsoperationer.

Valet av svarvning, som den operation för vilken ett beredningssystem med möjlighet till handhavande av verktygsmaskinoperatörer skulle skapas, sammanhänger dels med behovet hos maskinverkstaden, Kockums Varv AB, dels med att svarvning är en operation som fullständigt kan behandlas tvådimensionellt. Andra operationer som även de kan ses som tvådimensionella är NC-stansning (nibbling) och skärbränning. Dessa operationer innehåller emellertid vissa komplicerande moment. - NC-stansningen sker med verktyg med mycket varierande form, skärbränningen innehåller vinklingar av brännarhuvuden. Dessa operationer är också betydligt mindre än svarvning.

2 1/2 -axliga operationer, såsom borrar och vissa fräsningsooperationer, har sällan samma standardisering av detaljutformningen som svarvning varför geometridefinitionen ej utföres lika lätt som för svarvning. Kunskap i APT-programmering eller manuell programmering är där fördelaktig. Det föreslagna operationsberedningssystemets grundprogramvara kan därvid användas för beredningen. Alternativa system finnes även i stor mängd.

8.3 Avslutande diskussion.

Operationsberedning för svarvning kan lösas med manuella metoder och med datorstödda metoder. Genom utvecklingen av styrsystem för verktygsmaskiner kommer manuella metoder

att fortleva i mindre företag ännu lång tid. Terminaler till datorer innebär ej ett alternativ, utom i undantagsfall, främst på grund av kunskaps- och dataerfarenhetsbrister.

Större företag med egen specialistkår kommer däremot säkert att använda datorstödda metoder för att uppnå följande mål:

- effektivisering av arbetet
- minskad programtestning i verktygsmaskinerna
- kunskapshöjning i företaget
- ökad flexibilitet
- ökad arbetstillfredsställelse

Ett uppfyllande av målen skall då ge direkt eller indirekt en ökad lönsamhet.

Genom Erikssons (9) och eget arbete anser jag det visat att ett fungerande system för maskinoperatörsanvändning kan realiseras. Genom användandet av ett dylikt system erhålles effekterna:

- ett större antal personer inom företaget kan utföra NC-beredning varför flexibiliteten och störningståligheten ökar.
- innehållet i verktygsmaskinoperatörernas arbete ökar vilket bör ge en ökad arbetstillfredsställelse.
- tillverkningsansvaret återföres till maskinoperatörerna.

Att värdera dessa effekter i reda pengar är mycket svårt att göra, speciellt i ett läge då operationsberedningssystemet ännu inte är produktionskört.

Utvecklingen av systemet har givit mig uppfattningen att enskilda tillverkningsföretag ej bör utveckla programvara för en dylik tillämpning. Det är främst tids- och kostnadsskäl som åberopas därvid. Utveckling av systemen bör istället ligga hos programvaruhus eller hos sammanslutningar av företag.

ORDFÖRKLARINGAR.

Appendix I

Absolutkod	Programvara i form av datamaskininstruktioner och absoluta primärminnesadresser.
Batch	Sats. Batch avser inmatning av all information för ett arbete till en dator i en sammanhängande följd.
CADDS3	Programvara utvecklad av Computervision Corporation. CADDS3 uttydes Computer Aided Design Designer System 3.
Digitalisera	Markera läge eller i överförd betydelse identifiera geometrielement i en grafisk bild.
Exekvera	Utföra. Exekvera användes i synnerhet i betydelsen utföra beräkningar i dator.
Interpretativ	Tolkande. Användes i sammansättningen interpretativ kompilator och avser då en kompilator vilken bearbetar indata rad för rad och stoppar vid felaktig rad.
Kompilator	Översättare. En kompilator är ett data-program som översätter en hel textfil i ett högnivåspråk till datamaskininstruktioner i en sammanhängande följd.
Objektkod	Programvara i form av datamaskininstruktioner och relativa primärminnesadresser.
Overlay	Absolutkod. Exekverbar programvara.
Property	Egenskap. Ett element i programvaran CADDS3 med vars hjälp egenskaper kan beskrivas för andra element.

En part property beskriver en egenskap för en hel konstruktion i CADD3.

Textfil

En textfil är en mängd data, vilken lagras i ett datasystem och som där beskriver alfanumeriska tecken.

SUMMARY IN ENGLISH.

Appendix II

GENERATION OF TOOL PATHS FOR NC-LATHES ON AN INTER-
ACTIVE GRAPHICS MINICOMPUTER SYSTEM.

This report describes a new approach to the problems involved with part programming of numerically controlled machine tools. The suggested system is specially designed to accomodate customer oriented production in small unrepeated lots. To meet the demands derived from this type of production in medium sized factories the system is based on the use of interactive graphics which gives the possibility to create a flexible communication between man and computer.

The part programming system is emphasized upon lathe work and comprises methods for interactive generation of stock and part geometry developed by S Å Eriksson, dealt with in a report titled "Interaktiv generering av geometri med grafiskt och dialogt datorstöd vid programmering av NC-svarvar" - Interactive generation of geometry for NC-lathes with graphical and dialogue computer aid -, and generation of tool paths, including geometry data and technological data, dealt with in this report.

Chaper 1 and chapter 2 explains the scope of this dissertation.

The introduction of numerically controlled machine tools in a medium sized machine shop causes changes in the production organisation. With manually controlled machine tools the operators control the whole manufacturing process but with numerically controlled machine tools three categories of personel - machine tool operators, tool pre-setters and part programmers - cooperate to accomplish the same job. The production lead-time tends to increase. The work for machine tool

operators becomes less deversified and more machine tool supervising. At the same time manufacturing responsability becomes less strict.

The aim is to add production flexibility and to give machine tool operators back their role to control the manufacturing process and thus enrich their work.

Chapter 3 describes alternative view ports and operation planning methods. The development of machine tool controllers is discussed along with several computerized planning systems.

Chapter 4 includes a discription of the computer system used.

Hardware:

- Nova 1200 minicomputer
- TTY
- 28M byte moving head disc unit
- Magnetic tape unit
- Paper tape punch
- Graphics terminal with 19" CRT

The original software package is CADDS3, developed by Computervision Corporation, a software package which has the facility to generate 3-D geometry and tool paths. The way modifications and enlargements are implemented is described.

Chapter 5 deals with description of cutting tools, i.e. roughing and finishing tools as well as drilling tools. The advantages and limitations of chosen descriptions are discussed.

Chapter 6 expresses my view-point regarding technological level and automation contra user influence in a computerized operation planning system. The user interaction must not be neglected in behalf of automation.

Algorithms for rough cutting, tool angle tests and cutting data are proposed and reasoned on.

Chapter 7 shows how the original software through extensive work preparation can be used to test tool collision risks in a visual way.

Chapter 8 expresses my ideas for further developments of the software package. Those developments should include extended tool geometry description, possibility to choose cutting tools from CRT, extended tool usefulness tests, a special package for lathe operations etc.

Furthermore I stress that interactive graphics is a tool with high potential to increase flexibility for machine shops with NC-machine tools as well as to give job enrichment for machine tool operators and to give economical benefits.

LITTERATURFÖRTECKNING.

Appendix III

1. Ahlberg M, Ågren K: Postprocessor för NC-svarv, Rapport 38-76, Institutionen för mekanisk teknologi och verktygsmaskiner, Lunds Tekniska Högskola, 1976.
2. Bjørke Ø: Produktdefinerende språk, Tapir, 1974.
3. Braid I C: Designing with volumes, Computer Laboratory, University of Cambridge, 1973.
4. Cincinnati Milacron: Programming Guide - Cinturn Macros for Cincinnati NC Turning Centers, Cincinnati Milacron, 1971.
5. Claussnitzer R: Der Einsatz von NC-Werkzeugmaschinen in der Bundesrepublik Deutschland, Technischer Verlag G. Grossmann GmbH, Stuttgart-Vaihingen, 1974.
6. Computervision Corporation: CADD3 Operator's Manual, Computervision Corporation, 1978.
7. Computervision Corporation: CADD3 Parametric Element Processor, Computervision Corporation, 1978.
8. Datema, DANS användarhandledning, Datema, Stockholm, 1978.
9. Eriksson, S-Å: Interaktiv generering av geometri med grafiskt och dialogt datorstöd vid programmering av NC-svarvar, Institutionen för mekanisk teknologi och verktygsmaskiner, Lund Tekniska Högskola, 1979.
10. Eriksson S-Å, Johannesson D: Integrerad produktionsstyrning, STU-rapport 74-4121, Malmö, 1974.

11. Fröjel U: Automatisk operationsberedning. Svarvning, Institutionen för Konstruktions- och Produktions-teknik, Universitetet i Linköping, 1976.
12. Hatvany J: Computer Languages for Numerical Control, Prolamat 73, 1973.
13. Haugrud B: KOBRA - A Programming Language for description of axially symmetric workpieces, 2. ed., The technical University of Norway, 1968.
14. Hermansson I: Verktygs- och skärdataval vid svarvning på Kockums Mekaniska Verkstad AB, Rapport 39-76, Institutionen för mekanisk teknologi och verktygsmaskiner, Lunds Tekniska Högskola, 1976.
15. Holm S, Svanberg B: NC-organisationer. Studie vid Kockums Mekaniska Verkstad AB, Institutionen för industriell organisation och ekonomi, Lunds Tekniska Högskola, 1975.
16. Holmer B: Datorstödd NC-programmering - råd för systemval, IVF-resultat 78649, 1979.
17. Igoshi M m.fl.: Development of a Graphic Display System for Turning Work (GST), CIRP reports 22/1, 1973.
18. Johannesson D: Numerisk styrning. Robotteknik, Rapport till Statens Industriverk, Institutionen för mekanisk teknologi och verktygsmaskiner, Lunds Tekniska Högskola, 1978.
19. Kullberg G, Eriksson S-Å, Johannesson D, Lumsden K: Samordnad Datorstödd Produktion - verkstadsindustrins framtid, Ingenjörsförlaget AB, Stockholm, 1976.

20. Lettström R m.fl.: Förberedande ritningsanalys för minidatorbaserad framtagning av ritningsunderlag, Rapport 30-74, Institutionen för mekanisk teknologi och verktygsmaskiner, Lunds Tekniska Högskola, 1976.
21. Lumsden K: Teknologisk produktionsstyrning. Institutionen för mekanisk teknologi och verktygsmaskiner, Lunds Tekniska Högskola, 1975.
22. Malmberg L, Investering i datorstödda konstruktionshjälpmedel, IVF-resultat 77803, 1977.
23. Metaalinstituut TNO: Miturn manual, Centrum voor Metaalbewerking, Metaalinstituut TNO, 1976.
24. MDSI: Compact II Basic Turning Text, MDSI Manufacturing Data Systems Incorporated, 1974.
25. Puhasmägi V: Finsvarvning med hårdmetall, Institutionen för mekanisk teknologi och verktygsmaskiner, Lunds Tekniska Högskola, 1973.
26. Opitz H: The technological level of exhibits and development trends in the machine tool industry, Internationaler Congress für Metallbearbeitung, Hannover, 1973.
27. Rydh J: Postprocessor för Max Müller svarv med Kongsberg styrutrustning, Rapport 42-78, Institutionen för mekanisk teknologi och verktygsmaskiner, Lunds Tekniska Högskola, 1978.
28. Selander S: NS-programmering med hjälp av standardmakron, Rapport 37-76, Institutionen för mekanisk teknologi och verktygsmaskiner, Lunds Tekniska Högskola, 1976.

29. Spur G m.fl.: CAPSY - A Dialogue System for Computer Aided Manufacturing Plocess Planning, TU Berlin, 1978.
30. Takeyama H m.fl.: An Automatic Programming System for Lathe Operations - MELTS, CIRP reports 22/1, 1973.
31. Verkstedteknisk Laboratorium: Autoplan 1C. Brukermanual, Verkstedteknisk Laboratorium, NTH-SINTEF, 1974.
32. Åberg U, Den individuella arbetsplatsen och arbetsrollen - den nya formgivningen, Nya fabriker, SAF, 1978.

Organisation LUND UNIVERSITY Department of Production and Materials Engineering Box 725 S-220 07 Lund 7		Document name DOCTORAL DISSERTATION	
Author(s) Dan B. Johannesson		Date of issue May 1979	
		CODEN: LUTMDN/(TMMN-1002)/001-062/(1979)	
		Sponsoring organisation	
Title and subtitle Generering av verktygsbanor för NC-svarvar på ett interaktivt grafiskt minidatorsystem. Generation of tool paths for NC-lathes on an interactive graphics minicomputer system.			
Abstract			
Problems involved with <u>part programming</u> of <u>numerically controlled machine tools</u> are described and analysed in a case of sub-contractor, <u>small lot production</u>. Emphasis is placed upon <u>lathe operations</u> with parts which have limited geometrical complexity. An approach to facilitate for NC-lathe operators to do part programming has been investigated and tested. The approach involves easy-to-learn methods to derive <u>tool path geometry</u> and <u>technological data</u> from already described part geometry by the use of modifications and enlargements of existing software. The system has shown its potential to increase flexibility to the production system and to give job enrichment for NC-lathe operators.			
Key words			
Classification system and/or index terms (if any)			
Supplementary bibliographical information		Language Swedish	
ISSN and key title		ISBN	
Recipient's notes	Number of pages 62		Price
	Security classification		

Distribution by (name and address)

Lund University, Dept. of Production and Materials Engineering

I, the undersigned, being the copyright owner of the abstract of the above-mentioned dissertation, hereby grant to all reference sources permission to publish and disseminate the abstract of the above-mentioned dissertation.

Signature

Dan Johannesson

Date

May 1979

